



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

António Bruno Sousa Lages

Auditoria Energética a Edifício Administrativo RSECE versus EPBD
(Dissertação definitiva)

Nome do Curso de Mestrado
Mestrado em Sistemas de Energias Renováveis

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Paulo Costa

Dezembro de 2013

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Paulo Costa e Professora Dra. Preciosa Pires, pelo acompanhamento e incentivo dados ao longo do desenvolvimento do trabalho.

À minha família por todo o suporte e incentivo que recebi nesta etapa, em particular por todo o percurso académico que me proporcionaram.

À minha esposa pelo apoio, suporte e compreensão ao longo destes últimos meses de trabalho.

A todos os colegas e amigos de Mestrado de Sistemas de Energias Renováveis, em particular aos amigos, Ivo Araújo e Nuno Silva, pela amizade e trabalho fantástico de equipa.

Em suma para além do excelente suporte que me foi proporcionado por todos aqueles que mencionei acima, este trabalho teve um custo de oportunidade, oportunidade de não ter estado mais tempo com esposa, família, amigos, colegas e outros desafios profissionais e projectos pessoais.

Esta dissertação é o culminar de mais uma etapa na minha formação, e como tal expresso o meu apreço por todos aqueles que referi.

Uma palavra de apreço e agradecimento a todos...

“The best energy is less energy”

Wolfgang Feist

Resumo

Eficiência energética é uma preocupação em países desenvolvidos, que em resultando da sua actividade industrial e do contínuo aumento do custo com energia de fontes convencionais, têm vindo a fomentar e desenvolver práticas e equipamentos mais eficientes energeticamente, acompanhados de políticas de sustentabilidade.

Os setores de actividade dos transportes, industria e edifícios são globalmente os maiores consumidores de energia e nesse sentido, para cada caso a União Europeia, tem vindo a publicar nas últimas duas décadas uma série de diretivas com objetivo claro de promover e aplicar níveis de eficiência energética mais elevados de uma forma progressiva. Portugal como estado membro tem vindo a adoptar diretivas comuns nesse sentido. A implementação do plano nacional para a eficiência energética (PNAEE), entre outras medidas e concretamente em relação aos edifícios com aprovação de diplomas de medidas de incentivo à implementação de medidas de racionalização e eficiência energética em edifícios residenciais, industriais e grandes edifícios de serviços. Para esse objetivo da eficiência são visíveis os esforços ao nível da concepção e projecto, com a introdução de novos materiais, tecnologias e aplicação de metodologias de construção mais eficientes e integração de fontes de energia renováveis nos próprios edifícios.

Nesta dissertação a temática da eficiência energética é abordada na perspectiva de um edifício de serviços, concebido em 2007, que não está enquadrado com a mais recente directiva europeia 2012/31/EU (EPBD), com objetivos em termos de consumo próximos do zero para edifícios novos até 2020, baseados no conceito NZEB (*Nely Zero Energy Buildings*), mas que é importante perceber e fazer antecipadamente o estudo e levantamento adequado em termos de consumo, para se perceber a que distância se situa o seu desempenho energético, quando comparado com um edificio novo que é concebido conforme directiva 2012/31/EU.

A desagregação por tipologia de consumo do edifício indica que o AVAC é responsável por 50% do consumo do edifício e equipamentos informáticos e servidores e outros equipamentos ligados aos sistemas socorridos de energia consomem 40% do consumo total e restante parcela é afecta consumo de iluminação e outros equipamentos. Em termos de produção de água fria 77% dessa produção destina-se à climatização dos gabinetes e salas de formação.

Um outro aspeto relevante, em relação a produção de águas quentes sanitárias, esta satisfaz 25% das necessidades do edificio.

Em termos gerais o edifício consome mais de 80%, comparativamente com um edifício NZEB de referência projectado de raiz, isto representa uma grande diferença que espelha a dificuldade que os grandes edifícios existentes virão a ter para alcançarem patamares de eficiência semelhantes.

Dezembro de 2013

Abstract

Energy efficiency it's a concern since decades in developed countries, which in result of their industrial activity consumption and their continuous increasing of energy costs from energy conventional sources, have been promoting and developing efficiency practices, equipment's supported by sustainability policies.

The activity economic sectors like transports, industry and buildings, are generally the largest energy consumers, and in each case UE have now been published in last two decades several directives, in order to reach higher levels of energy efficiency by a progressive way. Portugal as a member state of UE, has been adopted common guidelines, like national energy efficiency plan (PNAEE), among other measures concerning with buildings energy consumptions, adoption of measures and financial incentives in order to promote rationalization measures and energy efficiency in residential, industrial and bigger service buildings. To reach this targets are visible several efforts in conception, design, construction materials, technologies, and different building concepts and methodologies to make buildings more efficient, also with renewable energy's sources, integrated them.

In this thesis energy efficiency issue is approached perspective, of a service building built in 2007, that was not designed concerning the last European Directive 2012/31/EU (EPBD), with zero energy as a target to their energy consumption, like new buildings until 2020, based on the *NZEB* concept (*Nearly Zero Energy Buildings*), but it is important to realize and study the typical behavior in terms of consumption, to understand how far away comparing study building are when compared with NZEB buildings energy performance according Directive 2012/31/EU.

The energy disintegration by type of consumption of the building, show us that HVAC is responsible for 50% of energy consumption, and informatics equipment's like servers and other equipment's connected to power failure system energy consume 40% of total consumption, and remaining portion is affecting consumption of lighting and other equipment. In terms of cold water production, 77% of this production is intended for the air conditioning in the offices and training rooms.

Another important aspect regarding hot water production, this satisfies 25% of the building needs.

In general terms, the building consumes over 80%, when compared with a NZEB landmark building designed from scratch, this is a big difference that reflects the difficulty that large existing buildings will be to achieve similar levels of efficiency.

Dezembro de 2013

Índice

ÍNDICE.....	VI
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	XI
ABREVIATURAS.....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1 ENQUADRAMENTO	2
1.2 OBJETIVOS	7
1.3 MOTIVAÇÃO.....	7
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	8
2. LEGISLAÇÃO NO ÂMBITO DE EFICIÊNCIA E CONFORTO TÉRMICO NOS EDIFÍCIOS.	9
2.1 LEGISLAÇÃO NACIONAL NO ÂMBITO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS EDIFÍCIOS.	9
2.2 LEGISLAÇÃO E PROGRAMAS EUROPEUS NO ÂMBITO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS EDIFÍCIOS.	12
2.3 A NOVA REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA NACIONAL, DECRETO-LEI 118/2013.....	14
3. EDIFÍCIOS NZEB	16
3.1. CONCEITO.....	16
3.2. DEFINIÇÃO DE PADRÕES E METODOLOGIAS NZEB.	17
3.3 Os NZEB PORTUGUESES	24
3.3.1 MORADIAS UNIFAMILIARES EM ÍLHAVO	24
3.3.2 EDIFÍCIO SOLAR XXI, LISBOA	26
3.4 ESTRATÉGIAS PARA OS EDIFÍCIOS EXISTENTES	29
3.5 SOLUÇÕES E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO EFICIENTES	30
4. PROCEDIMENTOS REGULAMENTARES APLICADOS EM AUDITORIAS ENERGÉTICAS.	31
4.1 ÂMBITO DE APLICAÇÃO.....	31
4.2 PROCESSOS E FASES DO DESENVOLVIMENTO DE AUDITORIA ENERGÉTICA.....	32
4.3 SIMULAÇÃO DINÂMICA.....	34
4.4 FORMATO DE UMA AUDITORIA ENERGÉTICA	40
4.5 CONCLUSÃO DOS PROCEDIMENTOS REGULAMENTARES APLICADOS A AUDITORIAS ENERGÉTICAS.	41
5. CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA	43
5.1 ENQUADRAMENTO DA AUDITORIA ENERGÉTICA	43
O EDIFÍCIO ALVO ESTÁ LOCALIZADO EM LANHESES, VIANA DO CASTELO, APRESENTA OS SEGUINTE DADOS DE ÁREA E POTÊNCIA INSTALADA:.....	43
5.1.1 CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO ADMINISTRATIVO GERADORES E MECATRÓNICA (EAGM).	44
5.2 CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA.....	46

5.3 CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA	51
5.5 CONSUMOS ESPECÍFICOS	54
5.6 FATORES DE CONVERSÃO	55
6. CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO	56
6.1 CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO POR TIPO DE UTILIZAÇÃO FINAL.	56
6.2 AVAC.....	60
6.3.1 PRODUÇÃO DE ÁGUA FRIA PARA CLIMATIZAÇÃO.....	61
6.3.1.1 CHILLER.....	64
6.3.2 PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE PARA CLIMATIZAÇÃO	65
6.3.2.1 CALDEIRAS	68
6.3.3 VENTILAÇÃO.....	71
6.3.3.1 UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR.....	71
6.3.3.2 VENTILADOR CONVECTORES.....	75
6.3.3.3 UNIDADES DE CLOSE CONTROL	76
6.4. PAINÉIS SOLARES.....	77
6.5. ILUMINAÇÃO	79
7. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	83
7.1 CONCLUSÕES.....	83
7.2 DESENVOLVIMENTO DE TRABALHOS FUTUROS.....	85
8. BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS	86

Lista de figuras

FIGURA 1 - ENERGIA CONSUMIDA PELOS EDIFÍCIOS NA UE, 2012 (5)	2
FIGURA 2 - PROGRAMA PNAEE 2008 (6)	3
FIGURA 3 - MEDIDAS DO PLANO PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS, PNAEE 2008 (6)	4
FIGURA 4 - RESUMO TOTAL DAS POUPANÇAS ALCANÇADAS COM O PNAEE (7)	5
FIGURA 5 - IMPACTO DAS MEDIDAS PNAEE 2016 POR SETOR DE ATIVIDADE (7).....	6
FIGURA 6 - CONCEITO NET ZERO, BALANÇO ENERGÉTICO	16
FIGURA 7 - CONSUMO DE ENERGIA NOS EDIFÍCIOS NZEB VERSUS PRODUÇÃO DE FER	17
FIGURA 8 - CONSUMO DE ENERGIA PARA CLIMATIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS EM CLIMA MEDITERRÂNICO [kWh/ (m2.A)] (26).....	18
FIGURA 9 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA NUMA PASSIVE HOUSE COM BOM ISOLAMENTO EM SEVILHA (26)	20
FIGURA 10 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA EM HABITAÇÃO COM UMA ABORDAGEM PURAMENTE EM TERMOS DE REFRIGERAÇÃO PASSIVA EM SEVILHA. (26).....	20
FIGURA 11 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA NUMA HABITAÇÃO COM FRACAS CONDIÇÕES DE ISOLAMENTO, ESTORES EXTERIORES E VENTILAÇÃO NOTURNA SITUADA EM SEVILHA. (26).....	21
FIGURA 12 - METODOLOGIA WEFI-BUILDING APLICADA A CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS (29)	23
FIGURA 13 - MORADIA UNIFAMILIAR DE ALTA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DESENVOLVIDA DE ACORDO COM O CONCEITO WEFI-BUILDING.....	24
FIGURA 14 - SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS DAS CHUVAS NO SUBSOLO.....	25
FIGURA 15 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA INTERIOR DO EDIFÍCIO MONITORIZADA EM CADA UM DOS ANDARES, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA EXTERIOR.	25
FIGURA 16 - EDIFÍCIO SOLAR XXI	26
FIGURA 17 - ESQUEMA FUNCIONAL DO APROVEITAMENTO TÉRMICO DO FOTOVOLTAICO (30).....	27
FIGURA 18 - EDIFÍCIO SOLAR XXI, SISTEMA DE TUBOS ENTERRADOS PARA CLIMATIZAÇÃO.....	28
FIGURA 19 - SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL POR CONVECÇÃO. (30)	30
FIGURA 20 - CLASSES ENERGÉTICAS DO SCE (35).....	37
FIGURA 21 - ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA (33).....	38
FIGURA 22 - FLUXOGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PRE (32).....	40
FIGURA 23 – EDIFÍCIO EAGM, OBJECTO DE ESTUDO.....	44
FIGURA 24 - SEGUNDO PISO EDIFÍCIO ADMINISTRATIVO DE ESCRITÓRIOS EAGM, ÁREA 824 m ²	45
FIGURA 25 - PRIMEIRO PISO EDIFÍCIO ADMINISTRATIVO DE ESCRITÓRIOS EAGM, ÁREA 824 m ²	45
FIGURA 26 - RÉS-DO-CHÃO DO EDIFÍCIO ADMINISTRATIVO DE ESCRITÓRIOS EAGM, ÁREA 1057,46 m ²	45
FIGURA 27 - CAVE DO EDIFÍCIO ADMINISTRATIVO DE ESCRITÓRIOS EAGM, ÁREA 824 m ²	46
FIGURA 28 - CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA (TEP)	47
FIGURA 29 - CONSUMO DE ENERGIA FINAL (GJ).....	47
FIGURA 30 - EMISSÕES DE CO ₂ (T)	47

FIGURA 31 - CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA EAGM VERSUS EAGM +FÁBRICA (TEP)	48
FIGURA 32 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA NO PERÍODO DE REFERÊNCIA.....	49
FIGURA 33 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA FINAL NO PERÍODO DE REFERÊNCIA	50
FIGURA 34 - VARIAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO ₂ NO PERÍODO DE REFERÊNCIA	50
FIGURA 35 - ESQUEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA AO EDIFÍCIO EAGM	52
FIGURA 36 - CONSUMO ELÉCTRICO EDIFÍCIO EAGM.....	52
FIGURA 37 - CONSUMO DE GÁS NATURAL NO EDIFÍCIO EAGM	54
FIGURA 38 – CONSUMO DE ENERGIA DO EDIFÍCIO EAGM (07/06 A 14/06).	56
FIGURA 39 - DIAGRAMA DE CARGA DO EDIFÍCIO EAGM (14/06)	57
FIGURA 40 - DIFERENCIAÇÃO DE CONSUMO POR ALIMENTAÇÃO (14/06)	58
FIGURA 41 - DIAGRAMA DE CARGA DO EDIFÍCIO EAGM (09/06).	58
FIGURA 42 - CARATERIZAÇÃO DE CONSUMO POR ALIMENTAÇÃO (09/06).....	59
FIGURA 43 - CARATERIZAÇÃO DE CONSUMO EDIFÍCIO EAGM (14/06)	59
FIGURA 44 - CONSUMO ELÉTRICO DO SISTEMA DE AVAC DO EDIFÍCIO EAGM ENTRE (07/06 A 14/06).	60
FIGURA 45 - DIAGRAMA DE CARGA DA POTÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS AVAC (14/06)	60
FIGURA 46 - EQUIPAMENTOS DA REDE DE PRODUÇÃO DE ÁGUA FRIA.....	61
FIGURA 47 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA FRIA.....	62
FIGURA 48 – CONSUMO DIÁRIO DOS EQUIPAMENTOS DA REDE DE PRODUÇÃO DE ÁGUA FRIA EM DIA SEMANAL (14/06)	63
FIGURA 49 - CHILLER DE CLIMATIZAÇÃO DO EDIFÍCIO EAGM	64
FIGURA 50 - DIAGRAMA DE CARGA DO CHILLER SETPOINT 8°C.....	65
FIGURA 51 - EQUIPAMENTOS AFECTOS A PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE	65
FIGURA 52 - EQUIPAMENTOS AFECTOS A PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE	66
FIGURA 53 - ENERGIA FORNECIDA SOB A FORMA DE ÁGUA QUENTE POR AMBOS OS SISTEMAS (23/02 A 28/02).....	67
FIGURA 54 - ENERGIA FORNECIDA SOB A FORMA DE ÁGUA QUENTE A EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO (23/02 A 28/02)..	67
FIGURA 55 - CALDEIRAS	68
FIGURA 56 - QUEIMADOR DE CALDEIRA A GÁS NATURAL	69
FIGURA 57 - EQUIPAMENTOS DE VENTILAÇÃO.....	71
FIGURA 58 - UTAN	72
FIGURA 59 – UTV 1.....	72
FIGURA 60 – UTV 2.....	73
FIGURA 61 - VENTOIL CONVECTOR - ELVIRA DECO - FRANCE AIR.....	75
FIGURA 62 - ESQUERDA UNIDADES CLOSE CONTROL, UNIDADES EXTERIORES	76
FIGURA 63 - DIAGRAMA DE CARGA UNIDADES CLOSE CONTROL, PISO 1	77
FIGURA 64 - PAINÉIS SOLARES AQS	77
FIGURA 65 - EQUIPAMENTOS AFECTOS A PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SOLAR	78

FIGURA 66 - DIAGRAMA DE CARGA ILUMINAÇÃO PISO 0 (14/06)	79
FIGURA 67 - DIAGRAMA DE CARGA ILUMINAÇÃO PISO 1 (14/06)	80
FIGURA 68 - DIAGRAMA DE CARGA ILUMINAÇÃO PISO 2 (14/06)	80
FIGURA 69 – CARATERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ILUMINAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO QGA (N).....	81
FIGURA 70 - TIPO DE LÂMPADAS INSTALADAS NO EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS	82

Lista de tabelas

TABELA 1 - DESEMPENHO ENERGÉTICO EDIFÍCIO SOLAR XXI.....	28
TABELA 2 - INDICADORES ENERGÉTICOS EDIFÍCIO SOLAR XXI.	28
TABELA 3 - RÁCIO CONSUMO ENERGIA POR ÁREA DO EDIFÍCIO SOLAR XXI.....	28
TABELA 4 - APLICAÇÃO DE REGULAMENTOS TÉRMICOS EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (33).....	31
TABELA 5 - APLICAÇÃO DE REGULAMENTOS TÉRMICOS EM EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS (33).....	32
TABELA 6 - APLICAÇÃO DE REGULAMENTOS TÉRMICOS EM EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS (33).....	32
TABELA 7 - TIPOS DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (31).....	35
TABELA 8 - VALORES LIMITE DOS CONSUMOS GLOBAIS ESPECÍFICOS DOS EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS EXISTENTES (32).....	38
TABELA 9 - VALORES TABELADOS DO PARÂMETRO S.....	39
TABELA 10 - MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO IEE DE UM GES.....	42
TABELA 11 - CONSUMO GERAL DAS DIFERENTES FORMAS DE ENERGIA (EAGM)	46
TABELA 12 - CONSUMO GERAL DAS DIFERENTES FORMAS DE ENERGIA (EAGM + FÁBRICA)	48
TABELA 13 - CONSUMO GLOBAL MENSAL DE ENERGIA NO PERÍODO DE REFERÊNCIA, 2013	49
TABELA 14- CONSUMO GLOBAL POR MÊS DE ENERGIA ELÉCTRICA (kWh)	51
TABELA 15- CONSUMO GLOBAL POR MÊS DE GÁS NATURAL (M ³)	53
TABELA 16 - CONSUMO ELÉTRICO POR ÁREA ÚTIL	54
TABELA 17 - CONSUMO DE GÁS NATURAL POR ÁREA ÚTIL.....	55
TABELA 18 - CONSUMO DE GÁS NATURAL POR ÁREA ÚTIL.....	55
TABELA 19- CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS DA REDE DE PRODUÇÃO DE ÁGUA FRIA	62
TABELA 20 - MEDIÇÕES INSTANTÂNEAS DE CONSUMOS DE BOMBAS DE ÁGUA FRIA	63
TABELA 21 - CARACTERÍSTICAS DO CHILLER	64
TABELA 22 - CONSUMOS INSTANTÂNEOS BOMBAS DE ÁGUA QUENTE	68
TABELA 23 - CARACTERÍSTICAS DA CALDEIRA	69
TABELA 24 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS QUEIMADORAS	70
TABELA 25 - PARÂMETROS DE QUEIMA DAS CALDEIRAS	70
TABELA 26 - DADOS TÉCNICOS DAS UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR	73
TABELA 27 - MEDIÇÃO INSTANTÂNEA DOS CONSUMOS INSTANTÂNEOS DAS UTAS	74
TABELA 28 - MEDIÇÃO DE CONSUMOS INSTANTÂNEOS.....	74
TABELA 29 - DADOS TÉCNICOS DOS VENTILADORES	75
TABELA 30 - DADOS TÉCNICOS DE UNIDADES DE CLOSE CONTROL	76
TABELA 31 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS PAINÉIS SOLARES.....	78
TABELA 32 - DADOS CARACTERÍSTICAS LÂMPADAS E LUMINÁRIAS	81

Abreviaturas

ADENE	Agencia para a Energia
AIPOR	Associação de Instaladores de Portugal
AQS	Água Quente Solar
AVAC	Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado
CIE	Consumo Intensivo de Energia
COP	<i>Coefficiente Of Performance</i>
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
FER	Fontes de Energia Renováveis
IEE	Indicador de Eficiência Energética
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Buildings</i>
PNAEE	Plano Nacional para Ação da Eficiência Energética
PRE	Plano de Racionalização Energética
QAI	Qualidade do Ar Interior
QEIM	Quadro Elétrico de Instalações Mecânicas
QGA	Quadro elétrico Geral Administrativo
QGA N	Quadro elétrico Geral Administrativo circuito de alimentação normal
QGA E	Quadro elétrico Geral Administrativo circuito de alimentação de emergência
QGBT	Quadro elétrico Geral de Baixa Tensão
QP -1	Quadro elétrico parcial, piso -1
QP 1	Quadro elétrico parcial, piso 1
QP 2	Quadro elétrico parcial, piso 2
RCCTE	Reglamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Reglamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comercio e Habitação
REH	Reglamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
UTAN	Unidade de Tratamento e Ventilação de Ar Natural
UTV	Unidade de Tratamento e Ventilação
WEFI-BUILDING	<i>Water Energy Food Almost Independent Building</i>

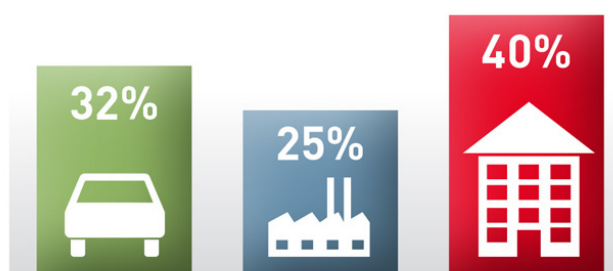
1. Introdução

1.1 Enquadramento

A crescente preocupação com a racionalização dos recursos energéticos na UE remonta à década de 70, com a publicação de alguma legislação neste âmbito. De uma forma avulsa e não integrada, transversal aos vários setores de atividade económica e alargada a todos os estados membros, surge a preocupação de desenvolver e publicar um conjunto de políticas integradas de poupança de energia, motivadas não só pelo incentivo económico, como racionalização no uso dos recursos naturais e também pelos aspectos ambiental, associado ao crescente risco de alterações climáticas devido ao efeito estufa, sempre em paralelo com a progressiva harmonização técnica de máquinas e equipamentos.⁽¹⁾

No seguimento do trabalho desenvolvido no seio da UE no início dos anos 90, foi publicada a primeira diretiva 91/565/CEE, para promover a eficácia energética na comunidade no âmbito do programa *Save* ^{(1) (2)}, em 1992 com objetivo de caminhar no sentido de uma maior eficiência energética e regulação de equipamentos para climatização, publica-se a diretiva 92/42/CEE, relativa às exigências de rendimento para novas caldeiras de água quente alimentadas com combustíveis líquidos ou gasosos.^{(1) (3)}

A publicação por parte da UE da diretiva 2002/91/CE, e transposição para os estados membros vai no sentido de introduzir poupanças significativas no consumo de energia, no setor dos edifícios residências e serviços uma vez que estes representam cerca de 40% de toda a energia final gasta na UE.⁽⁴⁾



Note: Energy consumption in agriculture, fishing and "other" makes up 3% of final energy consumption, and is not included in the above figure

Source: DG Energy: EU Energy in Figures 2012

- 32% of all energy in the EU is used for transport
- 25% of all energy in the EU is used by industry
- 40% of all energy in the EU is used by buildings

Figura 1 - Energia consumida pelos Edifícios na UE, 2012⁽⁵⁾

O plano nacional para a ação e eficiência energética (PNAEE), diretiva Eficiência na Utilização Final de Energia e aos Serviços Energéticos (2006/32/CE), transposta de legislação comunitária, impôs aos estados membros a elaboração do PNAEE. O governo em resolução de conselho de ministros, publica posteriormente em 2008 o PNAEE, com objetivo de implementar um plano de eficiência energética, plano esse que implicava a adopção de medidas de eficiência energética e a utilização de fontes de energias renováveis, e abrangem vários setores de atividade económica seguindo um programa delineado com metas propostas em termos de eficiência energética.⁽⁶⁾

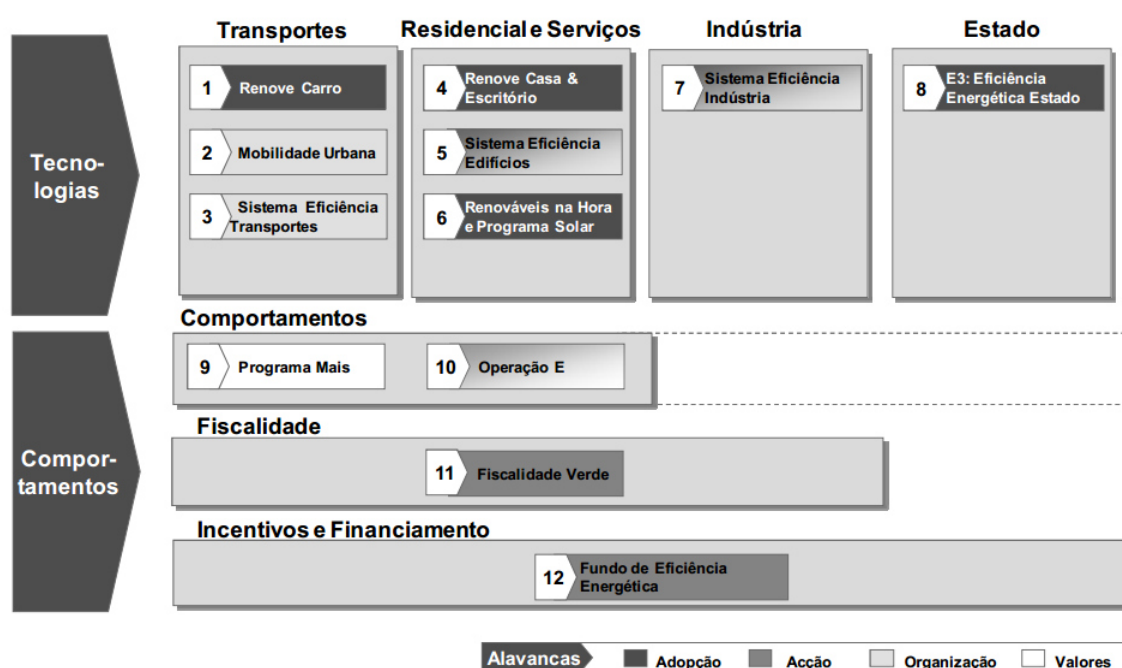


Figura 2 - Programa PNAEE 2008⁽⁶⁾

Na figura que se segue pode-se ver em detalhe as metas e medidas que foram previstas para o setor dos edifícios residenciais e serviços em termos da sua certificação energética.

Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)	Eficiência nos edifícios residenciais	Eficiência nos Serviços
<p>Implementação faseada do Sistema de Certificação Energética de acordo com o definido na respectiva regulamentação legal, nomeadamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1ª fase – a partir de 1 de Julho de 2007 - aos novos grandes edifícios de habitação e de serviços (>1.000 m²) ou grandes remodelações 2ª fase – a partir de 1 de Julho de 2008 - a todos os edifícios novos de habitação e serviços independentemente da área ou fim 3ª fase – a partir de 1 de Janeiro de 2009 - aos edifícios existentes para habitação e serviços, aquando da celebração de contratos de venda e locação ou cuja área seja superior a 1.000 m² 	<p>Alinhamento progressivo da fiscalidade com a classe de eficiência energética dos edifícios</p> <ul style="list-style-type: none"> Em sede de IRS, bonificação em 10% dos benefícios associados ao crédito habitação para edifícios Classe A/A+ <p>Acesso a crédito bonificado para implementação das medidas de eficiência energética e reabilitação previstas no certificado energético</p>	<p>Obrigatoriedade para edifícios > 1.000 m²</p> <ul style="list-style-type: none"> Realização de auditoria de energética de 6 em 6 anos e inspeções periódicas a caldeiras e sistemas de ar condicionado Plano de manutenção e técnico responsável pelo bom funcionamento dos sistemas de climatização <p>Dinamização da instalação de sistemas de monitorização e gestão de energia</p> <ul style="list-style-type: none"> Obrigatória em equipamentos com potência >100kW (monitorização) e 200kW (gestão) <p>Incentivo à cogeração através da dinamização de estudos de viabilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> Obrigatória para edifícios >10.000 m² dos sectores de saúde, turismo e comércio <p>Regulamentação sobre iluminação com máximo de W/m² consoante as utilizações</p>
<ul style="list-style-type: none"> Residencial: 200 mil fogos/ano certificados Serviços: 20 mil fracções/ano certificadas 	<ul style="list-style-type: none"> 1 em cada 15 lares com classe energética eficiente (B- ou superior) 	<ul style="list-style-type: none"> 30% do parque > B- em 2015 50% das grandes reparações A

Figura 3 - Medidas do plano para eficiência energética em edifícios, PNAEE 2008 ⁽⁶⁾

A versão inicial do PNAEE, foi objeto de revisão em meados deste ano, sendo que a sua revisão consistiu em redefinir objetivos em função do consumo de energia primária, eliminar medidas não implementadas ou menos bem-sucedidas definidas no anterior PNAEE, que não atingiram os seus objetivos ou porque eram de difícil implementação e quantificação em termos de resultados ou porque por outro lado os custos da sua implementação eram de maior investimento face ao retorno esperado. ^{(6) (7)}

O caminho a seguir passou pela substituição das medidas menos bem-sucedidas por outras de maior facilidade de implementação pelos aspectos acima referidos.

Resumidamente a estratégia de revisão do PNAEE assentou em três eixos, monitorização, ação e governação, ajustando o anterior diploma à realidade nacional tendo em conta fontes energéticas, recursos financeiros disponíveis resultando assim na eliminação de algumas metas anteriores e na redefinição de outras. ^{(8) (9)}

Passados alguns anos da primeira versão do PNAEE, era fundamental realizar um balanço das medidas propostas de forma a perceber qual a penetração das medidas lançadas, perceber qual o sucesso que estas tiveram ou por outro lado quais as razões e principais fatores para o insucesso da implementação das medidas aprovadas na versão inicial do PNAEE em 2008. ⁽⁸⁾.

Por outro lado tendo em conta diversos fatores de natureza não só macroeconómica, mas também de outra ordem como maturação tecnológica, urge adaptar o plano à realidade nacional, foi portanto inevitável reestruturar algumas metas mantendo umas e eliminando outras. ⁽⁸⁾

A meta da eficiência energética definida no PNAEE para 2016 foi revista por baixo, passado dos iniciais 10%, em termos de poupança no consumo energético face ao nível de consumo de 2008, para os 8,2%.⁽⁷⁾

Esta meta de poupança deverá ser alcançada através da eficiência energética em seis áreas chave, que são elas Transportes, Indústria, Residência e Serviços, Estado, Comportamentos e Agricultura.

Estima-se que a poupança em energia primária se situará em cerca de 654056 tep o equivalente em cerca de 382 milhões de euros aproximadamente, atingindo em 2020 cerca de 805 milhões de euros.⁽⁷⁾

Área	Energia poupada (tep)	Meta 2016 (tep)	Execução em relação à meta de 2016
Transportes	252.959	1.501.305	49%
Residencial e Serviços	267.008		
Indústria	177.895		
Estado	9.902		
Comportamentos	21.313		
Total PNAEE	729.077		

Figura 4 - Resumo total das poupanças alcançadas com o PNAEE⁽⁷⁾

O setor dos edifícios representa um potencial de poupança de 42%, com retorno económico de cerca de 160 milhões de euros, objetivos que se pretende alcançar com medidas de eficiência energética ao nível da promoção de equipamentos eficientes, iluminação eficiente, níveis de isolamentos superiores, incentivos a instalação de sistemas de climatização tendo por base fontes de energias renováveis.^{(5) (6) (7)}

Programa	Potenciais Economias (tep)	%	Meta 2016 (tep)
Transportes	344.038	23%	1.501.305
Residencial e Serviços	634.265	42%	
Indústria	365.309	24%	
Estado	106.380	7%	
Comportamentos	21.313	1%	
Agricultura	30.000	2%	

Figura 5 - Impacto das medidas PNAEE 2016 por setor de atividade ⁽⁷⁾

Também os edifícios estatais não foram esquecidos, para estes a meta cifra-se em 30% de poupanças até 2020, traduzida num total de energia primária de 106380 tep's. ⁽⁷⁾

Esta meta pretende-se alcançar por via da implementação do programa ECO.AP, programa para a promoção da eficiência energética nos edifícios públicos que prevê em 2020, atingir mais de 2225 edifícios públicos com certificado energético, sendo que 500 com contrato de desempenho energético e os restantes obrigados a apresentarem um plano de ação de eficiência energética. ^{(6) (7) (8)}

Atenta ao desenrolar da implementação das medidas inscritas na diretiva 2002/91/CE, por todos os estados membros e à implementação das suas medidas, em 2010 foi publicada a diretiva 2010/31/EU, estabelecendo novas metas que os estados membros devem alcançar até 2020 para os novos edifícios que passaram a ser designados por edifícios de consumo energético quase zero, "*Nearly Zero Energy Buildings*". ^{(9) (10)}

O objetivo será atingir progressivamente uma redução de consumo energético cada vez mais reduzido ao nível dos edifícios a medida que o parque habitacional for sendo renovado ou feitas grandes reabilitações e desta forma aplicar-se a legislação aos edifícios já existentes. ^{(9) (10)}

1.2 Objetivos

Os objetivos ou metas para a dissertação assentam fundamentalmente em quatro pontos:

1. Realizar o adequado enquadramento legislativo, quer ao nível nacional como europeu relacionado com a eficiência energética no setor dos edifícios, de forma enquadrar o edifício alvo de estudo na legislação aplicável nacional e europeia, sinalizando os requisitos necessários de acordo com a sua natureza e desempenho em termos de consumo.
2. Estudar o conceito *NZEB* aplicado aos edifícios, fundamentos, metodologias e técnicas usadas, resultados e desempenhos energéticos de acordo com as condições climáticas geográficas. Exemplos de edifícios *NZEB* em Portugal, e desempenhos atingidos e estudo de estratégias e técnicas construtivas de possível aplicação a edifícios existentes.
3. Verificar os procedimentos regulamentares aplicados em auditorias energéticas em grandes edifícios determinando o enquadramento regulamentar específico á luz da legislação aplicável de acordo com a natureza do edifício alvo de estudo, fazendo também paralelismo com os diplomas desse âmbito em fase de pré publicação, DL 118/2013 e respectivas portarias.
4. Proceder a caracterização do edifício alvo de estudo em termos de desempenho energético, caracterizado por tipo de energia, consumo e equipamentos de forma a tipificar a sua natureza, em relação a um grande edifício de serviços à luz da nova legislação, identificando formas possíveis de tornar este tipo de edifícios mais eficientes tendo em consideração a diretiva 2012/31/EU, com metas ambiciosas que se colocam como um novo desafio para todos os estados membros, ao nível da eficiência energética nos novos edifícios até 2020, não desprezando os edifícios existentes e apontando direcções também para que o aumento dos níveis de eficiência destes seja viável.

1.3 Motivação

No atual contexto de eficiência energética ao nível dos edifícios, a legislação e exigências em redor da poupança energética são cada vez maiores e visam progressivamente anular a dependência energética dos combustíveis fósseis em relação aos recursos renováveis. Atendendo a este facto, em resultado também da função profissional desempenhada é importante adequar práticas de manutenção e compatibilização de tecnologias verdes, enquadradas na legislação de forma a reduzir dependência energética dos edifícios e respectivas emissões de CO₂.

Atingir níveis de eficiência energética desejados, em muitos casos vai muito para além do projeto dos edifícios e de auditorias energéticas, engloba também uma mudança de comportamentos, adequação de práticas e constante procura de soluções. É um esforço constante e progressivo com objetivo da competitividade ao mais baixo custo, com

influência directa no custo final do produto de uma empresa, ou na qualidade de vida de um agregado familiar.

1.4 Estrutura da Dissertação

A dissertação está estruturada em sete capítulos, iniciando-se esta dissertação pela introdução, com a realização do enquadramento ao nível de legislação energética e metas apontadas pela União Europeia e Portugal.

No capítulo dois é feita referência aos diversos diplomas transpostos de diretivas comunitárias relacionadas com eficiência energética nos edifícios, fazendo-se um resumo e ponto de partida da actual legislação e olhando para os novos diplomas e metas ao nível da eficiência energética nos edifícios.

Segue-se um outro capítulo da dissertação com referência aos edifícios *NZEB*, referência ao conceito, detalhes técnicos e novas experiências e estudos relacionados com o termo metodologias e critérios, bem com exemplos de implementações com resultados práticos de desempenhos energéticos.

Informações relativas aos procedimentos a realizar em auditorias energéticas, com caracterização e enquadramento do método a aplicar ao caso de estudo são abordadas no capítulo quarto.

Nos capítulos que se seguem, o quinto e sexto, é feita a descrição do edifício caso de estudo, com descrição das especialidades técnicas ao nível das redes de energia, climatização, iluminação e espaços, análise dos consumos de energia com a sua caracterização e diferenciação, com também referência dos consumos globais cálculo dos consumos específicos.

A terminar a dissertação são apresentadas as conclusões e propostas para trabalhos futuros em termos de soluções energeticamente eficientes no sentido de compensar e diminuir os consumos verificados.

2. Legislação no Âmbito de Eficiência e Conforto Térmico nos Edifícios.

2.1 Legislação Nacional no Âmbito da Eficiência Energética nos Edifícios.

No início da década de 90, foi publicado o Decreto-lei nº 40/90, que veio marcar o arranque da regulamentação das características de comportamento térmico dos edifícios (RCCTE), foi o primeiro instrumento legal em Portugal a impor requisitos a novos edifícios e grandes remodelações de forma a fazer cumprir condições mínimas de conforto térmico, fixar os consumos nominais de energia na estação fria e quente, bem como qualidade em termos de isolamento térmico. O Decreto-lei partiu de uma base de experiência acumulada em outros países europeus no âmbito do consumo de energia nos edifícios em função dos fatores bioclimáticos e características de aspectos construtivos.

Em 1998, é publicado o Regulamento de Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios por via da publicação do Decreto-Lei 118/1998, que introduziu regras nos edifícios com sistemas de climatização de forma a alcançar melhores resultados em termos de eficiência energética nos edifícios.⁽¹¹⁾

No seguimento de legislação diretivas comunitárias de 2002, o estado português passa a regulamentar por via do DL nº 152/2005⁽¹²⁾ todo o setor de atividade relacionado com a inspeção e manutenção, recuperação e reciclagem de equipamentos de refrigeração, bombas de calor, sistemas de proteção, contra incêndios e extintores, possuidores de gases refrigerantes que contêm substâncias e gases que contribuem para o empobrecimento da camada de ozono.

Como requisitos este decreto-lei regulamenta os seguintes aspectos:

- Recuperação reciclagem, valorização e destruição de substâncias nocivas para a camada de ozono.
- Definição dos técnicos qualificados e respectivas qualificações mínimas.
- Período de validade do certificado e renovação.
- Certificado, quem o emite e que dados devem vir mencionados.
- Intervenções técnicas em equipamentos contendo substâncias regulamentadas.
- Co-responsabilização dos intervenientes no ciclo de vida dos intervenientes dos equipamentos com substâncias regulamentadas sejam eles proprietário do equipamento, técnico qualificado ou operador do resíduo.
- Neste âmbito também não são deixados de fora os equipamentos contendo solventes como equipamentos de proteção contra incêndio, extintores etc.

Em 2006, por via da transposição da diretiva europeia 2002/91/CE em vigor desde 2002 abrangendo todos os estados membros da comunidade europeia, o estado português publica a diretiva que visa a reformulação do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), condicionado à entrada em vigor do diploma de regulamentação da qualidade do ar interior nos edifícios.⁽⁴⁾

O Decreto-Lei 80/2006 (RCCTE)⁽¹³⁾, veio atualizar regulamentação sobre comportamento térmico em edifícios, introduzindo novos itens e alterar níveis de exigência nos seguintes pontos:

- Qualificação de índices e parâmetros de caracterização.
- Limitação das necessidades nominais de energia útil para aquecimento.
- Limitação das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento.
- Limitação das necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias.
- Limitação das necessidades globais de energia primária de um edifício.
- Requisitos mínimos de qualidade térmica dos edifícios.
- Requisitos de qualidade térmica ambiental de referência para os edifícios de habitação unifamiliar.
- Metodologia de cálculo.
- Licenciamento e autorizações.
- Responsabilidades ao nível do projeto e execução da obra do edifício.
- Definição de condições interiores de referência em termos de consumo de água quente sanitária por pessoa, qualidade do ar interior e temperatura humidades relativas de conforto térmico na estação quente e fria.
- Imposição de valores limite ao nível do consumo de energia útil para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias.
- Requisitos mínimos ao nível das propriedades térmicas da envolvente.
- Valores máximos para aplicação do regulamento.
- Taxa de conversão energia útil para energia primária

Simultaneamente à publicação do decreto-lei anterior é também publicado o Decreto-Lei n.º 79/2006⁽¹⁴⁾, que aprova o regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios (RSECE). Este decreto-lei tem como principal objetivo a introdução de medidas de racionalização energética ao nível da climatização e regulamentar a instalação de sistemas de climatização em edifícios.

Como requisitos, este diploma veio impor:

- Metodologia de cálculo em termos de índices e parâmetros de caracterização de um edifício ou fração em termos de consumo específico de energia.
- Níveis exigenciais de conforto térmico de acordo com necessidades fixadas pelo diploma DL 80/2006, e de qualidade do ar interior.
- Requisitos energéticos em condições nominais, para todos os edifícios de serviços e grandes reabilitações.
- Requisitos energéticos para grandes edifícios de serviços existentes.
- Requisitos energéticos para grandes edifícios de serviços a construir.
- Requisitos energéticos para pequenos edifícios de serviços existentes.
- Requisitos energéticos para grandes edifícios de serviços a construir.
- Requisitos energéticos para novos edifícios de habitação com sistemas de climatização.
- Manutenção da qualidade do ar interior e garantia de qualidade
- Concepção de instalações mecânicas de climatização.
- Construção e ensaio e manutenção das instalações.

O Decreto-Lei 78/2006 ⁽¹⁵⁾ aprovou o sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar Interior nos edifícios e transpôs parcialmente para a ordem jurídica nacional a diretiva n.º 2002/91/CE. A publicação deste em conjunto com os decretos-lei 79/2006 e 80/2006, transpõem na íntegra a directiva europeia 2002/91/CE.

Como requisitos este decreto, especifica a certificação energética e da qualidade do ar interior e estabelece as seguintes regras:

- Atribuir responsabilidade na supervisão do SCE.
- Gestão do SCE.
- Definição da função de perito qualificado.
- Definição de competências do perito qualificado.
- Obrigações dos promotores ou proprietários dos edifícios ou equipamentos.
- Validade dos certificados emitidos.
- Moldes de funcionamento da fiscalização.

Com o Decreto-Lei 71/2008, fica completa por via de transposição de regulamentação europeia um conjunto de medidas regulatórias para a promoção de eficiência energética, a reforma do regulamento de Gestão do Consumo de Energia, com novas regras e níveis de eficiência mais definidos em relação aos gases efeito estufa e fiscalidade sobre o mercado energético promovendo objetivos em termos de eficiência energética e monitorizando consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia.

2.2 Legislação e Programas Europeus no Âmbito da Eficiência Energética nos Edifícios.

Na década de 90 denota-se uma crescente necessidade de caminhar no sentido da uniformização de regras relacionadas com eficiência energética não só ao nível dos edifícios como em outros setores de atividade, sucedendo a publicação de regulamentação e em 2002 é publicada a primeira diretiva 2002/91/CE ⁽⁴⁾, relacionada com eficiência energética em edifícios extensão de carácter obrigatório a todos os estados membros, e que em Portugal veio a dar origem aos Decretos-Lei, 78, 79 e 80 de 2006.

A diretiva 2002/91/CE ⁽⁴⁾, estabelece os seguintes requisitos ao nível do desempenho energético dos edifícios:

- Metodologia de cálculo do desempenho energético global dos grandes edifícios.
- Requisitos mínimos no que refere a desempenho energético dos novos grandes edifícios.
- Requisitos mínimos em relação a edifícios submetidos a obras de remodelação.
- Certificação energética dos edifícios.
- Inspeção de caldeiras.
- Inspeção de ar condicionados.

2006/32/CE veio introduzir limites e objetivos mais ambiciosos em termos de eficiência e teve por objetivos o seguinte:

- Aumentar a relação custo-eficácia em termos de eficiência na utilização final da energia e com isso atingir uma melhor garantia em termos de segurança do abastecimento de energia.
- Reduzir substancialmente as emissões de CO₂ e gases prejudiciais a camada de ozono, de forma a reduzir o impacto destes nas alterações climáticas, levando em consideração impactos de poupança e competitividade económica.
- Com o propósito de atingir impactos de poupança e alcançar níveis de competitividade maiores, na diretiva são inscritos objetivos gerais para estados membros, para que estes apresentem metas de poupança e métodos para os atingirem.
- Adequação de regulamentação legal ao nível institucional, financeiro e jurídico de forma a propiciar uma utilização eficiente final da energia.
- Criação a implementação de mercado de serviços energéticos.
- Definição de metas.
- A implementação da diretiva tem igualmente como um dos objetivos principais melhorar a eficiência energética em relação a energia final, gerir a sua procura, promover a sua produção a partir de FER, e com tudo isso melhorar a segurança do aprovisionamento.

- Por consequência do ponto anterior uma melhor eficiência vai se refletir num menor consumo ao nível da energia primária, emissões de CO₂ e gases efeito estufa.

Em 19 de Maio de 2010, a diretiva 2010/31/EU, (EPBD), foi aprovada e publicada com objetivo de alcançar e reforçar níveis de eficiência ainda mais apertados, reajustar algumas medidas da diretiva inicial publicada em 2002, e que desta forma veio substituí-la. Nesta nova diretiva destacam-se os seguintes pontos: ⁽¹⁰⁾

Reforçar a implementação de ao nível dos estados membros de eficiência energética nos edifícios, com o compromisso de todos os estados membros a longo prazo.

- Todos os novos edifícios construídos a partir de 31 de Dezembro de 2020, devem ter necessidades de consumo energético quase nulas, muito próximas de zero ou com balanço energético próximo de zero.
- Todos os novos edifícios públicos construídos a partir de 31 de Dezembro de 2018, têm também estes de ter necessidades quase nulas em termos de consumo energético.
- A designação de edifícios com baixas necessidades energéticas é atribuída pela expressão de *"Nearly-Zero Energy Buildings"*, e que significa que o edifício em causa tem um alto valor de desempenho energético e as baixas necessidades energéticas devem advir de fontes de energias renováveis produzidas no próprio edifício ou nas proximidades.
- Em relação aos edifícios já existentes não existe uma meta clara e definida com vista a reabilitação destes, no entanto a recomendação será a de incentivar com políticas de eficiência com objetivo da reconversão destes para se aproximarem dos níveis de necessidades energéticas dos novos edifícios.
- A nova legislação vai aumentar a obrigatoriedade da introdução de energias renováveis nos edifícios.
- Em relação as reabilitações e renovações devem ser exigidos requisitos mínimos.
- O anterior limite ao nível das reabilitações para áreas superiores a 1000m², para grande renovações o qual foi reduzido para áreas acima de 500m², a partir de 2012, desaparece, passado em 2015 a ser obrigatório para áreas superiores a 250m².
- É necessário a introdução de metodologia de cálculo de eficiência que conduza ao aumento do desempenho em termos de eficiência energética, de forma a obter-se uma repercussão ao nível da optimização de custos em termos energéticos.
- Os estados membros devem justificação perante a comissão europeia, no caso de existir uma margem superior a 15% entre o nível ótimo de cálculo em relação aos requisitos mínimos de desempenho energético.
- Necessidade de implementação de um procedimento detalhado e com níveis de rigor elevado para emissão de certificados energéticos, para novos edifícios, venda e aluguer dos existentes.

- Em edifícios públicos os certificados energéticos devem estar fixos e visíveis para os utilizadores.
- É igualmente da responsabilidade dos estados membros a implementação de sistemas de controlo para verificação de certificação de desempenho.
- Da mesma forma deve existir um sistema pecuniário para casos de incumprimento, a implementar em cada um dos estados membros.

Segundo o *European Council for na Energy Efficient Economy*, a “lacuna” da nova diretiva reside sobretudo no facto de não haver claramente metas definidas para os edifícios já existentes, e que provavelmente a curto medio prazo haverá necessidade de revisão da diretiva de forma a colmatar esta lacuna.

Após período de ensaio com a primeira em 2002, a diretiva 2010/31/EU, veio representar um novo desafios de exigência elevada, para os estados membros, com período de transposição até 2015, de forma a caminhar no sentido da competitividade económica por via da poupança de custos em termos de eficiência energética.

2.3 A Nova Regulamentação Térmica Nacional, Decreto-Lei 118/2013.

A obrigatoriedade da transposição para o direito nacional da directiva 2010/31/EU, veio com algum atraso em relação a data limite fixada pela União Europeia, em relação a revisão da Directiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD).

De outra perspectiva é uma oportunidade de melhorar a forma de aplicação e actualizar de certa forma os padrões de exigência de conforto térmico aos padrões no âmbito da EU. Nesse sentido o diploma nº 118/2013, de 20 de Agosto, com data de entrada em vigor para 1 de Dezembro 2013, veio fazer a transposição da directiva acima mencionada remetendo para alguns assuntos para posterior publicação em portaria.

Á posteriori foram publicadas cinco portarias, as Portarias 349-A, 349-B, 349-C, 349-D e Portaria 353-A, talvez a que contém o tema mais controverso de todos os assuntos publicados, relacionado com a qualidade do ar interior (QAI) e alterações de fundo neste tema.⁽¹⁶⁾

A Portaria nº 349-A vem determinar as competências da entidade gestora da SCE, estipulando a taxaço de registo no SCE, os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação, que devem constar do relatório e da anotação do registo individual do perito qualificado, também a regulamentação da actividade dos técnicos, a categoria de edifícios em termos de certificação energética, os tipos de certificados, os pré-certificados e responsabilidades quanto a sua emissão.⁽¹⁷⁾

Outra das Portarias que constituem o pacote de legislação publicado no seguimento do diploma 118/2013 foi a Portaria 349-B, vem legislar a metodologia de determinação da

classe energética para a tipologia de pré-certificados e certificados do SCE e definir os requisitos de comportamento técnico e eficiência dos sistemas dos edifícios novos ou sujeitos a grandes intervenções.⁽¹⁸⁾

A referência e determinação dos elementos que demonstrem o cumprimento do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), regulamento este no qual o edifício alvo de estudo se enquadra. Devem constar dos processos de licenciamento, comunicação prévia dos processos de edificação urbanística e autorização de utilização, são definidos na Portaria 349-C.⁽²⁰⁾

O documento 349-D, está também muito relacionado com o anterior, mas este define os requisitos de concepção relativos à qualidade térmica da envolvente do edifício, eficiência das especialidades técnicas das novas construções, edifícios existentes e edifícios intervencionados em grande escala.⁽²¹⁾

O mais recente diploma, vem também definir os caudais mínimos de caudal de ar novo por espaço, os limites de protecção e as condições *standard* de referência para os poluentes do ar interior nos edifícios do comércio e serviços novos, que possam estar sujeitos a grandes intervenções, existentes e a sua metodologia de avaliação, colocando um ponto final a obrigatoriedade da sua fiscalização, alteração de fundo em relação ao anterior diploma de comportamento térmico.⁽²¹⁾

De acordo com especialistas da Agência para a Energia (ADENE), em seminário de organizado pela AIPOR – Associação de instaladores de Portugal, decorrido a 3 de Dezembro em Lisboa, as diferenças em relação à legislação anterior destacam-se na eficiência energética dos sistemas técnicos, que ganharam maior relevância em todo tipo de edifícios, de habitação e comércio e de serviços, tendo também atenção redobrada à eficiência da qualidade térmica da envolvente. A QAI nos edifícios de serviços é um aspecto de realce, por passar a ser promovido ao uso de ventilação natural, mas com alguma folga nos níveis de caudais.

Uma outra novidade na legislação é a metodologia de cálculo da classe energética, com um novo modelo de avaliação de desempenho energético, com método de comparação com um modelo existente de edifício alterando-lhe a envolvente e sistemas técnicos. A classificação da envolvente em função da avaliação do perito, e a recolha de indicadores em relação ao aquecimento, arrefecimento, iluminação ou energias renováveis são fatores que serão contabilizados aquando da avaliação de desempenho energético do edifício.⁽¹⁶⁾

3. Edifícios NZEB

3.1. Conceito

A temática dos edifícios NZEB é alvo de estudo por parte da Agência Internacional de Energia que reuniu um grupo de trabalho de especialistas em questões de eficiência energética nos edifícios e que tem como objetivo estudar os edifícios de balanço de energia zero ou quase zero. De acordo com o artigo publicado em revista da especialidade,⁽²²⁾ aos especialistas Helder Gonçalves, Daniel Aelenei e Laura Aelenei, especialistas que constituem o grupo de trabalho citado a designação de *Nearly Zero Energy Buildings*, são edifícios eficientes energeticamente e que as suas necessidades energéticas sejam muito baixas capazes de serem suprimidas recorrendo a fontes de energias renováveis.⁽²³⁾

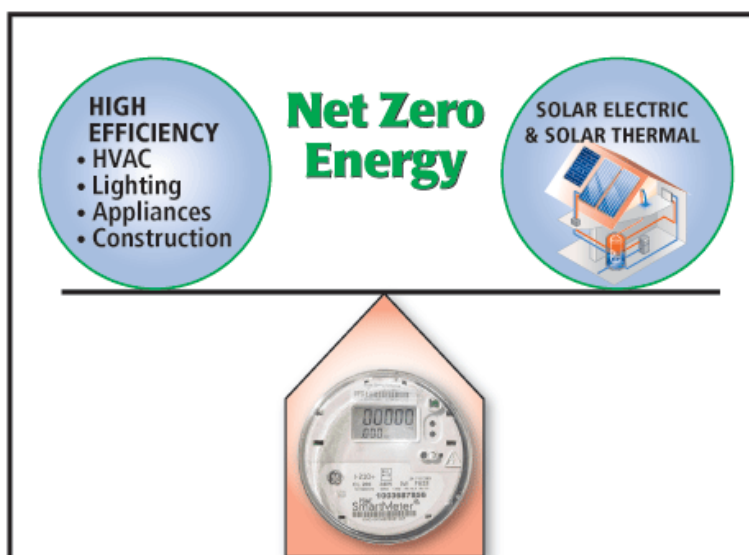


Figura 6 - Conceito Net Zero, balanço energético

O conceito edifícios energia zero, na opinião de alguns especialistas⁽²⁴⁾ não se trata da designação mais feliz uma vez que defendem que apesar das necessidades energéticas nestes edifícios poderem ser totalmente satisfeitas por energias renováveis, não deixa de se tratar de energia.⁽²³⁾

Consensual é o ponto de partida de que os novos edifícios devem no seu projeto e concepção prever logo a partida, necessidades energéticas mínimas e o facto de não serem aceitáveis os edifícios grandes consumidores de energia de balanço energético zero, serem compensados pela instalação de um grande sistemas de energias renováveis, nesse

sentido automaticamente não estão enquadrados na diretiva edifícios grandes consumidores de energia mesmo que compensados com energias renováveis. ⁽²⁵⁾

Neste tema os edifícios *NZEB* têm várias variantes, podendo estar ligados à rede ou não, embora estes sejam em número muito mais reduzido pela complexidade em termos de balanço energético, capacidade limitada de armazenamento e custo da implementação do projeto. O facto de haver uma ligação à rede faz com que em altura de menor produção de energia a partir de fontes renováveis, as necessidades sejam supridas pelo fornecimento via rede e sempre que houver excesso dessa produção de energia a partir das FER, essa produção acima das necessidades possa ser escoada através da rede. ⁽²⁵⁾

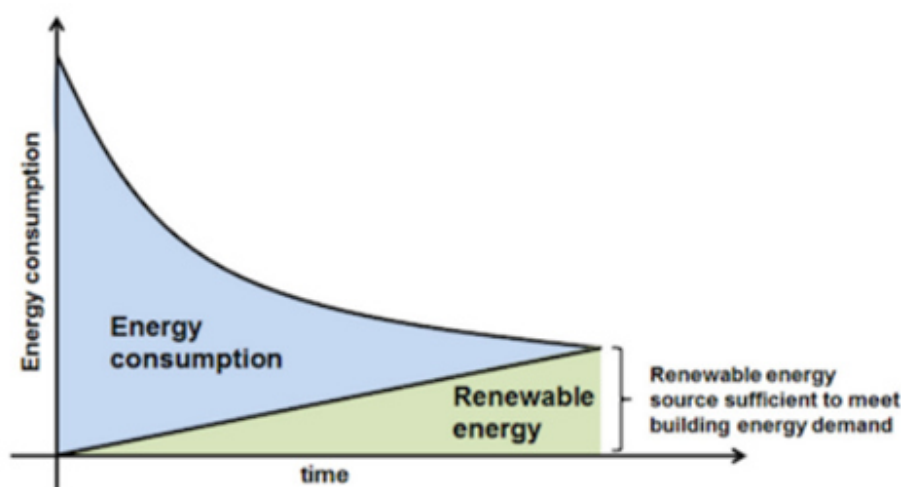


Figura 7 - Consumo de energia nos edifícios *NZEB* versus produção de FER

3.2. Definição de Padrões e Metodologias *NZEB*.

Estabelecer um mínimo em termos de consumo energético para ser um edifício enquadrado na diretiva é da responsabilidade de cada Estado Membro, que deverá ter em conta alguns fatores como por exemplo o clima em que está instalado, o desempenho energético face ao esforço financeiro tratando-se de um aspecto muito importante acrescentando ainda o clima de crise económica que atualmente se vive, a maturação das tecnologias verdes integradas em edifícios, entre outros. ⁽²³⁾

Neste momento ainda nenhum estado membro definiu o conceito de *NZEB*, sendo que tendo em conta o horizonte 20-20-20, cada um dos estados estará a preparar a sua metodologia de cálculo energético, limites, parâmetros, de forma que em conjunto se afinem estratégias e conceitos para posteriormente se conceber a regulamentação global ao nível dos 27 para esta tipologia de edifícios. ⁽²⁵⁾

Em aberto subsiste muito por definir, antes de se avançar em definitivo com esta política, uma vez que logo a partida surgem dois fatores fundamentais que diferem dos países do sul da Europa para os do norte da Europa. ⁽²⁵⁾

De acordo com um estudo desenvolvido em 2009, pelo *Passivhaus Institut*, instituto alemão que se dedica ao estudo e desenvolvimento de comportamento térmico de edifícios passivos em termos de consumo de energia, o estudo realizado sobre este tipo de construções em países do sul da Europa com outro tipo de clima obteve algumas respostas, entre elas tal como nos países da Europa Central, grande parte da energia gasta nos edifícios em climas Mediterrânicos é gasta com climatização. ⁽²⁶⁾

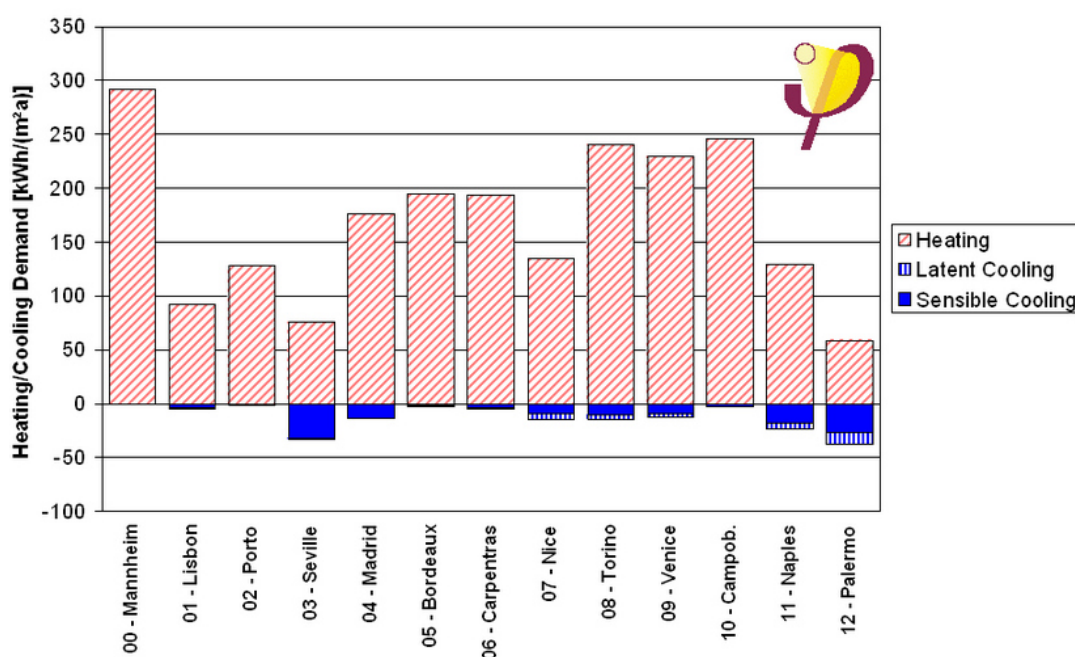


Figura 8 - Consumo de energia para climatização de edifícios em clima mediterrânico [kWh/ (m2.a)] ⁽²⁶⁾

Em termos de condições climatéricas dos edifícios na estação fria, situados em climas Mediterrânicos, a questão relacionada com o aquecimento pode ser mais facilmente resolvida usando medidas de eficiência mais baixa quando comparados com os da Europa Central. ⁽²⁶⁾ Por exemplo em relação os ganhos solares dos envidraçados na zona do Mediterrâneo o vidro simples já é o suficiente para conseguir ganhos solares consideráveis nas fachadas orientadas a Sul, na maioria das situações no período de aquecimento, mas ainda assim envidraçados duplos de menor eficiência em relação a envidraçados triplos, são a solução mais adequada, devido à capacidade em termos de ganhos solares destes últimos. Uma questão relevante está na orientação dos edifícios, que em climas Mediterrânicos tem o dobro do peso do que em climas do Norte da Europa durante a estação fria, e se a orientação de fachadas envidraçadas orientadas a Sul foi relevante esse rácio poderá ser três ou quatro vezes superior. ⁽²⁶⁾

No clima da Europa Central e Norte a influência da massa térmica dos edifícios no seu consumo é quase desprezável, ao contrário dos que se situam em climas Mediterrânicos, em que esse factor já é considerável e pode atingir os 5 kWh/(m².a), com maior incidência em edifícios “leves”, de menor inércia térmica. ⁽²⁶⁾

Em edifícios situados em climas amenos com variação térmica entre os 15 e 20 °C, o isolamento da envolvente com o solo pode ser dispensado, mas nos restantes casos deve ser considerado esse tipo de isolamento. ⁽²⁶⁾

No cenário de estação quente, em construções de climas Mediterrânicos, um bom isolamento confere também um bom conforto térmico, sobretudo ao nível do telhado reduzindo as flutuações de temperatura, aspectos como serem mais compactos com menos área exposta às variações de temperatura beneficia também o edifício o mesmo tipo de envidraçados recomendados para Inverno beneficiam também na situação do Verão, impedindo uma maior transmissão térmica. ⁽²⁶⁾ Sombreamentos correctos e amovíveis nos envidraçados ou alçados mais expostos condicionam directamente o desempenho dos sistemas de ar condicionado contribuindo para uma redução de 5W/m². ⁽²⁶⁾

Aspecto importante mas muitas vezes descurado tem a ver com o nível de humidade no ar, que em zonas de grande nível de humidade não contribui para que se consigam atingir os níveis desejados de conforto térmico e portanto é necessário fazer uma desumificação, com a agravante que a ventilação nocturna em climas húmidos deixa de ser eficaz. ⁽²⁶⁾

É recomendável em climas como os do Sul da Europa existir extração e insuflação de ar, devido a várias razões mas essencialmente para se realizar recuperação de calor no Inverno, desumificação do ar no Verão. ⁽²⁶⁾

De acordo com o estudo desenvolvido de uma forma geral as casas em climas Mediterrânicos são mais sensíveis a variações de temperatura externas, relativamente a construções do Norte e Europa Central. ⁽²⁶⁾ A escolha de cores com baixa absorção solar podem, apesar de serem uma desvantagem no Inverno pode compensar a contribuição para o conforto térmico no Verão. ⁽²⁶⁾

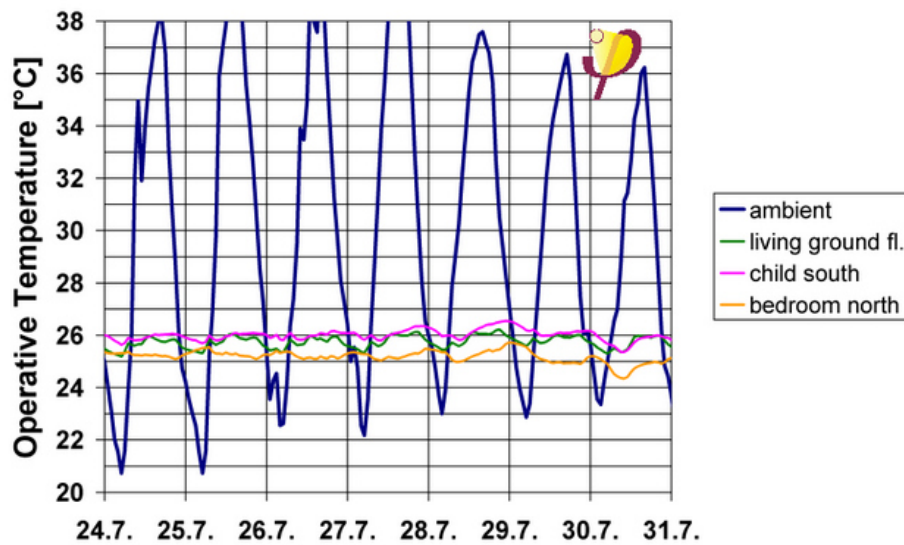


Figura 9 - Variação de temperatura numa *Passive House* com bom isolamento em Sevilha ⁽²⁶⁾

A figura 9 apresenta a variação de temperaturas na estação quente, numa *Passive House* em Sevilha com um bom isolamento, 8cm em paredes e 20cm no telhado. Temperatura interior situa-se nos 26 °C face a variação de temperatura no seu exterior, conferindo portanto conforto térmico aos seus habitantes.

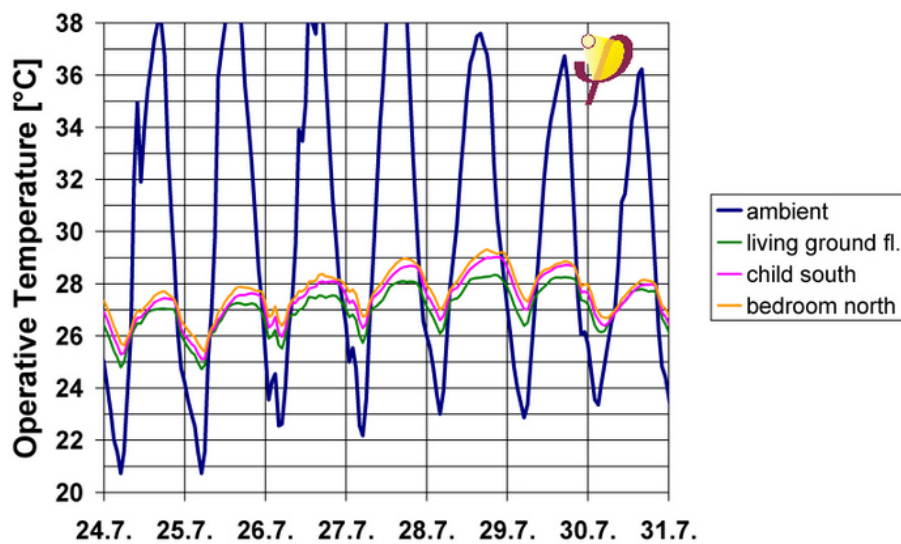


Figura 10 - Variação de temperatura em habitação com uma abordagem puramente em termos de refrigeração passiva em Sevilha. ⁽²⁶⁾

Envolvente exterior com superfícies brancas, abordagem apenas de refrigeração passiva, sem recuperação de calor e com ventilação noturna, verifica-se que o conforto térmico no interior da habitação é inferior em relação a solução anterior da numa *Passive House*.

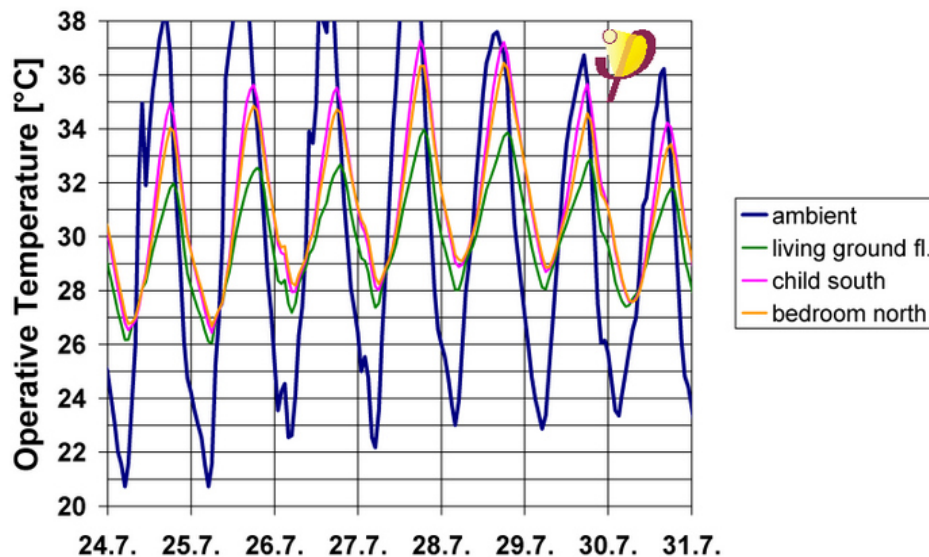


Figura 11 - Variação de temperatura numa habitação com fracas condições de isolamento, estores exteriores e ventilação noturna situada em Sevilha. ⁽²⁶⁾

O estudo desenvolvido demonstra que as condições da envolvente de um edifício são fundamentais para a sua eficiência energética. Em termos de equipamento de climatização a solução ideal para climas Mediterrânicos está na aplicação de uma bomba de calor compacta com integração de um sistema de refrigeração. ⁽²⁶⁾

O estudo e investigação de soluções eficientes no setor edifícios, há muito que têm sido alvo de estudo e aprofundamento em alguns países do Norte da Europa e Estados Unidos, existe desde a alguns anos preocupações nesta matéria e avanços significativos com metodologias já bem definidas. A norma *Passivhaus*, desenvolvida pelo investigador alemão Wolfgang Feist, director do *Passivhaus Institut*, desde os finais dos anos 80 é a metodologia que mais exemplos, tem de aplicação por toda a Europa, com uma contabilização de cerca de 32000 edifícios em toda a Europa, registos no Japão e Coreia do Sul, obrigatória em cidades com Frankfurt e países como a Áustria. ⁽²⁷⁾

O conceito *Passivhaus* pretende ser aplicável a todo tipo de climas, com uma abordagem literalmente passiva, devido a forma como o edifício é aquecido sem qualquer recurso a formas ativas de aquecimento, recorrendo apenas a ganhos de calor mínimos consoante a necessidade e projeto do edifício. Na base deste conceito está como já referido anteriormente um excelente isolamento térmico que preserva o calor necessário dentro da habitação, socorrido de um sistema de ventilação de ar novo constante, um sistema de

recuperação de calor com uma alta eficiência, que permite que o calor existente no ar no interior possa ser reaproveitado. ⁽²⁷⁾

Os principais critérios, números e técnicas construtivas deste conceito são:

- Necessidades energéticas de arrefecimento e aquecimento <15kWh/ (m² ano).
- Necessidades energéticas de arrefecimento e aquecimento <15kWh/ (m² ano).
- Consumos de energia primária inferiores a 120kWh / (m² ano) incluindo todos os consumos de climatização elétricos e AQS.
- Minimizar infiltrações de ar através da envolvente do edifício, garantido pelo método *Blower Door Test* <0.6h -1.
- Temperatura mínima interior de 20 °C e máxima de 26 °C.
- Excesso de temperatura no interior <10% do tempo
- Adequada instalação de janelas e portas com um U inferior a 1.35W (m² K).
- Bom isolamento térmico da envolvente de forma a eliminar as pontes térmicas.
- Edifícios com forma compacta minimizando área de exposição ao exterior e com cerca de 75% dos envidraçados orientados a Sul.
- Sistema eficaz de produção de calor ou frio, recomenda-se um sistema de bomba de calor que recupere o calor do ar extraído e aqueça o ar insuflado e as águas quentes sanitárias com integração de sistema de refrigeração.

Em números, os resultados apontam para eficiência energética comparativamente com outros edifícios, de cerca de 75% relativamente a novas construções baseadas em outros conceitos de construção. ⁽²⁸⁾

Para além do conceito mais disseminado, o *Passivhaus*, com algum relevo apresentam-se outros dois, as Casas Solares Ativas, habitações com ganhos solares que garantem 100% da energia no caso de novos edifícios ou 50% em reabilitações, a receita neste caso parte da mesma base, um bom isolamento térmico, auxiliado por grandes áreas para colectores solares e depósito de inércia de água quente, em que os resultados apontam para 15kWh/m².ano, um valor próximo da norma *Passivhaus*. ⁽²⁷⁾

Um outro conceito, designa-se por *Plusenergie Haus*, em que a base da sua eficiência é sustentada pelas energias renováveis, difere um pouco dos conceitos anteriores, uma vez que aqui o objetivo é conseguir um conceito de casa carbono neutral, de forma a fazer uma utilização inteligente e regrada da energia mas as suas necessidades energéticas são compensadas na totalidade por energias renováveis, com saldo ligeiramente positivo. ⁽²⁷⁾

WEFI-BUILDING, Water Energy Food Almost Independent Building, é uma metodologia *made in Portugal*, em termos de construção sustentável de edifícios desenvolvida pela *Homegrid*, empresa nacional que se dedica ao desenvolvimento de metodologias e técnicas aplicadas a construções sustentáveis. Esta metodologia tem como finalidade promover a sustentabilidade da construção, não só ao nível energético mas também em termos hídricos e alimentares de forma que ao longo do período de vida útil do edifício

todos os custos associados a energia, água e alimentação sejam minimizados traduzindo-se numa baixa pegada ecológica da construção. ⁽²⁹⁾

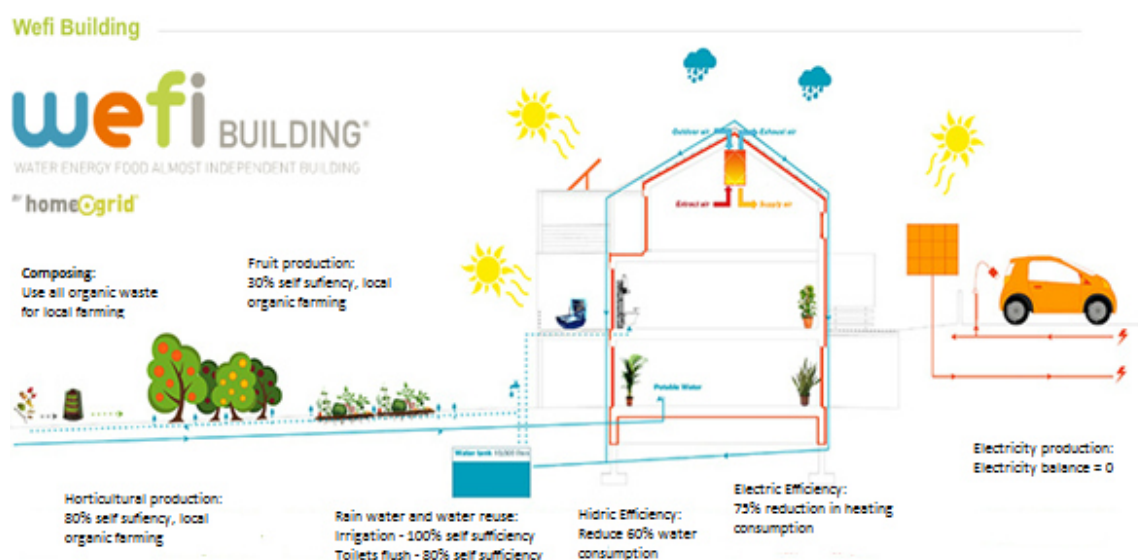


Figura 12 - Metodologia WEFI-BUILDING aplicada a construção de edifícios ⁽²⁹⁾

Em termos de objetivos de eficiência da metodologia apresentada:

- Produção de energia para carregamento de veículos elétricos e baixos consumos para bombagem de água a energia solar.
- Eficiência energética na ordem dos 75% no aquecimento.
- Eficiência no consumo de água potável na ordem dos 60%.
- Aproveitamento das águas das chuvas com 100% de eficiência da água destinada a irrigação e 80% em sistemas de autoclismo para casas de banho.
- Produção hortícola e fruticultura para promoção de maior autonomia alimentar.
- Compostagem recorrendo a todos os restos orgânicos resultantes da produção hortícola e fruticultura.

O lançamento da directiva EPBD, na sua nova reformulação em 2010, e a sua transposição em Portugal em final do ano no início de Dezembro, significa um passo na direcção da implementação e promoção da eficiência nos novos edifícios.

3.3 Os NZEB Portugueses

Em Portugal, no presente ano foi atingido o objetivo de terminar o processo da regulamentação térmica para dar uma resposta a transposição da diretiva para os edifícios. Praticamente no final do ano civil é publicado o diploma que transpõe o “recast” da EPBD.

Os objetivos do documento são à partida realizáveis e apontam para uma maior eficiência energética, embora ainda sem regras definidas de como se alcançar esses objetivos. ⁽²⁴⁾

3.3.1 Moradias Unifamiliares em Ílhavo

Em termos de construções realizadas com novas metodologias de eficiência energética aplicada a construção de edifícios, vão começando a surgir alguns exemplos. Um dos projectos mais divulgados e desenvolvido com início em 2008, são duas moradias unifamiliares concebidas pela *Homegrid*, empresa que se dedica ao desenvolvimento e construção sustentáveis sob a metodologia *WEFI BUILDING*. ⁽²⁹⁾



Figura 13 - Moradia unifamiliar de alta eficiência energética desenvolvida de acordo com o conceito *WEFI-BUILDING*

No projecto referido foram tidas em conta preocupações ao nível de poupança de energia com isolamentos generosos na sua envolvente, com valor nas paredes de $U=0,262 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ e para a cobertura $U=0,221 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, utilização da água consumida na habitação com sistemas hidráulicos, sistemas de aproveitamento de águas das chuvas, águas cinzentas, electrodomésticos com eficiência hídrica. ⁽²⁹⁾



Figura 14 - Sistema de armazenamento de águas das chuvas no subsolo

Em relação à componente energética as preocupações em termos dos coeficientes de transmissão térmica U , da envolvente foram uma preocupação. Paredes, telhados, caixilharias, todos estes componentes da envolvente do edifício foram utilizados materiais de um baixo coeficiente de transmissão térmica dentro dos requisitos da norma *Passivhaus*, com escolha criteriosa dos eletrodomésticos, sistemas de bombagem de águas, climatização por meio de bomba de calor compacta de com um COP elevado, sistema de AQS, e orientação das áreas de envidraçados otimizada para reduzir ao máximo as necessidades de iluminação sem recurso a gastos de energia, em relação a iluminação artificial, as lâmpadas e componentes aplicados foram de baixo consumo.⁽²⁹⁾

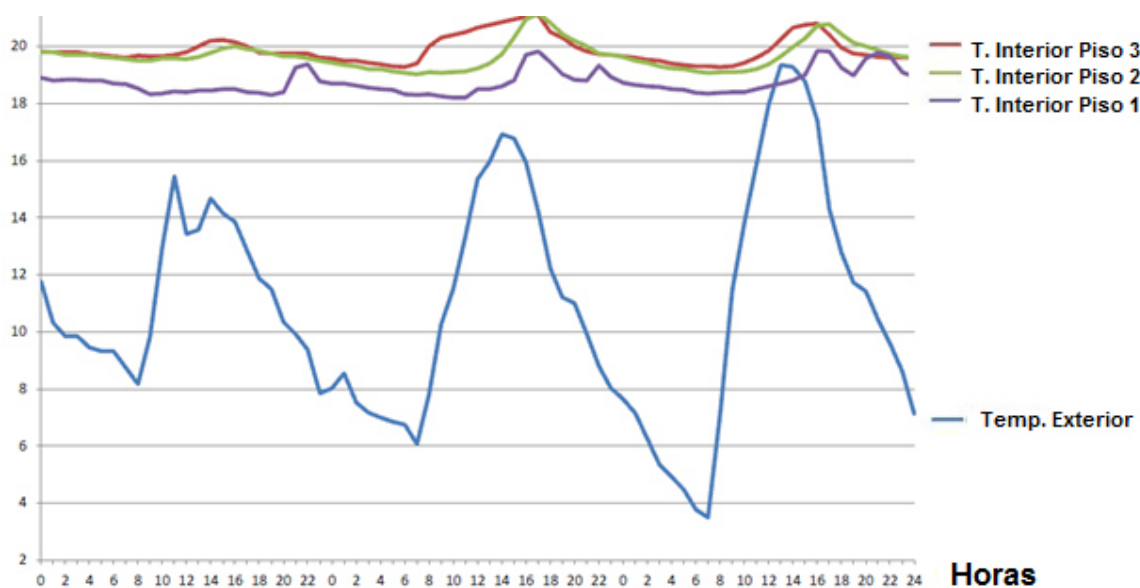


Figura 15 - Variação de temperatura interior do edifício monitorizada em cada um dos andares, em função da variação de temperatura exterior.

A performance do desempenho do edifício em termos de eficiência foi avaliada segundo a norma *Passivhaus*, com os seguintes resultados:⁽²⁹⁾

- Necessidades de aquecimento $8 \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
- Carga de aquecimento $10 \leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$
- Necessidades de arrefecimento $0 \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
- Carga de arrefecimento $0 \leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$
- Necessidades de energia primária $63 \leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
- Frequência de excesso de temperatura $0 \leq 10 \%$
- *Blower Door Test* $0,45 \text{ h}^{-1}$

Os resultados demonstraram-se muito satisfatórios e neste tipo de construções os sombreamentos nas janelas revelaram-se decisivos durante a estação quente. O resultado final foi a certificação dos edifícios de acordo com os critérios da norma alemã *Passivhaus*, mas que a sua metodologia vai mais além disso como foi descrito atrás, devido a todos os outros aspectos para além da componente energética. ⁽²⁹⁾

3.3.2 Edifício Solar XXI, Lisboa

O primeiro edifício eficiente a surgir em Portugal foi no entanto o Edifício Solar XXI, em Lisboa, com uma área aproximada de 1500 m^2 , distribuído por três pisos com funções de serviços. A sua orientação é predominantemente orientada a Sul, com objetivo de promover os ganhos solares principalmente na estação fria, e a disposição dos espaços internamento foi tido em conta com a taxa de ocupação dos espaços, ou seja espaços com maior taxa de ocupação localizados na vertente Sul e espaços com menos predominância de ocupação localizados no alçado Norte. ⁽³⁰⁾



Figura 16 - Edifício solar XXI

Em relação aos aspectos construtivos da envolvente, o edifício é constituído por paredes simples de alvenaria e uma camada de polistireno expandido de modo a perfazer um $U=0,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, na cobertura laje maciça isolada com polistireno expandido na sua globalidade com $U=0,3 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ e no piso térreo isolado da mesma forma também com

polistireno expandido. Os envidraçados são vidros duplos incolores, $U=2,6W/m^2K$, protegidos com lâminas reguláveis pelo exterior.⁽³⁰⁾

Foram também previstos aproveitamentos de fontes de energia renováveis, tais como a instalação de um sistema solar fotovoltaico com $100m^2$ de painéis de $12kWp$, para fornecimento de energia elétrica, mas com um duplo aproveitamento para além da sua função de produção elétrica, também agrega função de aproveitamento térmico, que representa uma mais-valia no Inverno, com uma produção estimada em cerca de 12000 kW/ano térmico para aquecimento do edifício no seu alçado orientado a Sul. Os espaços contíguos a fachada Sul permitem por intermedio de dois orifícios, um superior e outro inferior, que comunicam directamente com as células fotovoltaicas e o exterior, controlados pelo utilizador do espaço que permite conforme se pode verificar pela análise da figura 17, controlar o fluxo de ar no Inverno e Verão de forma a melhorar significativamente as temperaturas de conforto em ambas as estações.

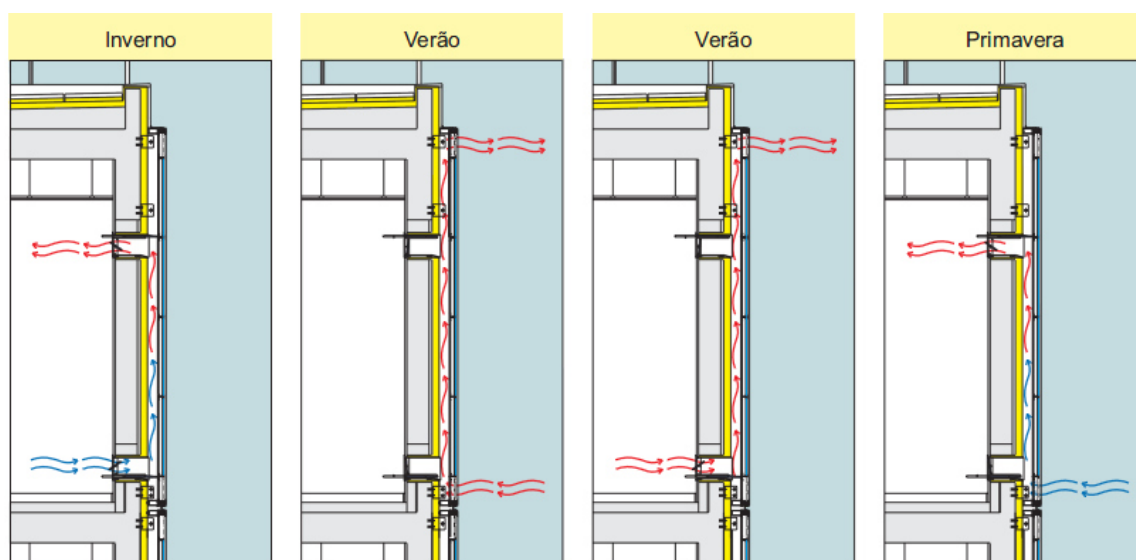


Figura 17 - Esquema funcional do aproveitamento térmico do fotovoltaico⁽³⁰⁾

O edifício adopta uma série de medidas passivas de climatização que contribuem para um bom desempenho em termos energéticos, entre elas, envolvente opaca com isolamento pelo exterior de modo a potenciar a sua inércia térmica de Inverno e constituir uma barreira no Verão, estores reguláveis pelo exterior de forma a eliminar os ganhos solares na estação quente, ventilação nocturna para eliminar as cargas térmicas, ventilação natural através de tubagem enterrada com objetivo tirar partido da estabilidade da temperatura do subsolo, retirando partido do diferencial de temperatura do ar exterior em relação a temperatura da terra, para regular a temperatura do ar no interior do edifício, por via da distribuição de aos gabinetes dos pisos térreos, que podem ser também controlados pelos utilizadores dos espaços.⁽³⁰⁾

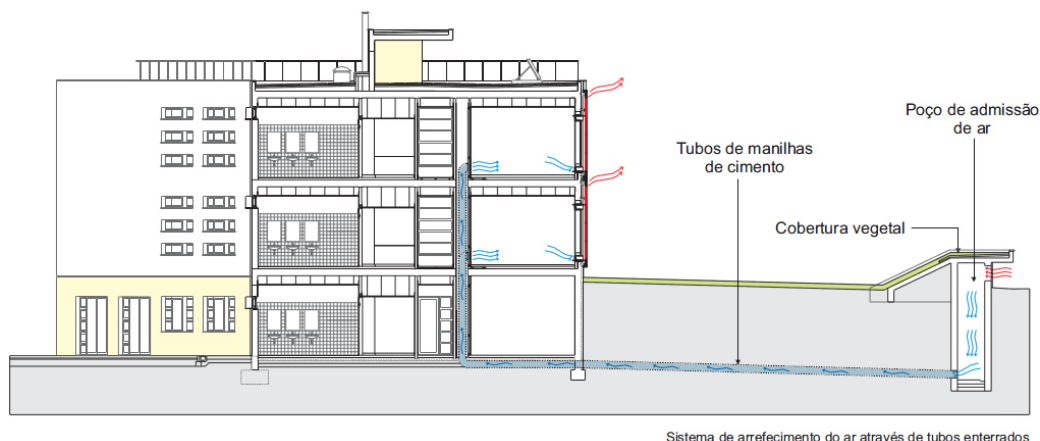


Figura 18 - Edifício Solar XXI, sistema de tubos enterrados para climatização

Ainda em termos passivos, houve de igual forma, preocupação com a iluminação, tendo sido contemplada uma solução de clarabóias centrais abertas a todos os pisos de forma a permitir o aproveitamento da luz solar para iluminação não só nos espaços comuns mas também nas salas e gabinetes. ⁽³⁰⁾

No quadro resumo seguinte apresenta-se o desempenho ao nível do consumo e produção de energia do edifício solar XXI, com uma área útil de 1200m².

Tabela 1 - Desempenho energético edifício solar XXI.

Edifício Solar XXI – Consumo e produção energia			
	/Dia	/ano	/m ² .ano
Consumo energia (kWh)	70,8	25842	21,54
Produção energia	52,1	19016	11,89

Em termos de rácios de consumo de energia primária e energia final:

Tabela 2 - Indicadores energéticos edifício solar XXI.

Edifício Solar XXI		
kWh	tep	GJ
25842	5,55603	93,03

Tabela 3 - Rácio consumo energia por área do edifício solar XXI.

Consumo Energia Final (GJ/m ² . ano) Edifício Solar XXI		
E. Final (GJ)	93,0	0,08
Área útil (m ²)	1200	

3.4 Estratégias para os Edifícios Existentes

A matéria dos edifícios NZEB é alvo de estudo por parte da Agência Internacional de Energia que reuniu um grupo de trabalho de especialistas em questões de eficiência energética nos edifícios que tem como objetivo estudar os edifícios de balanço de energia zero ou quase zero. Artigo publicado em revista da especialidade, resultante de entrevista aos especialistas Helder Gonçalves, Daniel Aelenei e Laura Aelenei, que fazem parte do grupo de trabalho citado anteriormente e apontam para algumas constatações e soluções nesta material. Verifica-se que em Portugal as novas construções no setor residencial são na sua generalidade construções de baixo consumo tendo em conta as medidas de cariz obrigatório implementadas por via de legislação para as novas construções, embora o mesmo já não seja igual para edifícios de alto consumo como os do setor dos serviços, que fruto da sua natureza de actividade dificilmente se poderão encaixar neste âmbito.⁽²⁴⁾

Em relação aos edifícios já existentes, são construções que normalmente apresentam algumas fragilidades na qualidade de construção da sua envolvente como por exemplo em vãos, envidraçados e sistemas de climatização.⁽²⁵⁾ Ainda assim são em muitas circunstâncias edifícios de baixo consumo, mas devido ao detrimento das condições de conforto do edifício, ao contrário do objetivo da directiva EPBD que pertence estabelecer assegurar níveis de conforto ótimos, mas com baixos níveis de consumo energético suprimidos com recurso a FER.⁽²⁴⁾ Nos próximos anos até 2020 e em contexto ainda de lenta recuperação económica a construção civil ao nível dos novos edifícios, não se prevê que venha a sofrer um grande crescimento, nesse sentido a reabilitação energética dos edifícios já existentes assume um papel importante, apesar de todas as contingências inerentes que têm a ver com todas as limitações de um edifício ter sido concebido sem preocupações ao nível da eficiência energética é fundamental encontrar soluções técnico-economicamente viáveis para aumentar os níveis de conforto nos edifícios já existentes.⁽²⁴⁾

Em termos de parque edificado, os edifícios de habitação residencial representam mais de 80% do total dos edifícios, sendo que os de serviços não chegam a 20%, por outro lado os edifícios de serviços representam cerca de 14% do consumo global dos edifícios.⁽²⁵⁾ Tendo em conta que os programas de eficiência nas empresas e indústria estão numa fase de implementação mais avançado, o retorno como resultado da poupança energética não se avizinha significativo, portanto a chave do sucesso da batalha da eficiência energética deverá estar precisamente nos edifícios existentes com medidas de baixo investimento e alto retorno de poupança energética.⁽²⁵⁾ Adoptando a localização de geográfica de Portugal, os nossos edifícios não têm obrigatoriamente de seguir ou adoptar uma linha como o *Passivhaus* Alemão.⁽²⁵⁾ É necessário tirar partido das potencialidades da localização em termos de ganhos solares para o aquecimento e ventilação natural para o arrefecimento, medidas que bem implementadas significam um baixo custo em relação a eficiência obtida.⁽²⁵⁾

Ao nível dos edifícios de construção residencial, denota-se importância de se tornar a adoptar algumas técnicas e materiais de construção “low cost” aplicados nas construções das residências à algumas décadas atrás, e que se foram perdendo e substituindo por outros conceitos mais virados para a estética dos edifícios mas menos eficientes ou seja, mais dispendiosos do ponto de vista energético. Para compensar as necessidades energéticas da habitação torna-se fundamental escolher criteriosamente as soluções de fontes renováveis que mais podem oferecer retorno em termos energéticos.⁽²⁵⁾

Em termos de grandes edifícios de serviços, é mais complicado torna-los eficientes energeticamente quer pela sua dimensão, quer pela interação de muitas pessoas no mesmo espaço que normalmente não tem comportamentos eficientes energeticamente e nestes casos é importantes impor economias por via de meios centralizados de gestão de energia nos edifícios.⁽²⁵⁾

3.5 Soluções e Técnicas de Construção Eficientes

Na concepção de um edifício ou adaptação de edifício existente é fundamental considerar uma série de fatores, como clima do local e matérias utilizados, número de ocupantes, finalidade do mesmo entre outros factores, adoptando estratégias correctas para a promoção da eficiência do edifício em termos energéticos, assegurando níveis aceitáveis de conforto térmico.

A ventilação natural é uma estratégia bastante eficaz de permitir que os ganhos solares por radiação ou acumulados na envolvente ou também ganhos por temperatura resultantes da emissão de equipamentos ou pessoas flua livremente pela parte superior de janelas, telhados, ou outros sistemas de ventilação passivos que em conjugação com sistemas de captação de ar fresco junto ao solo ou subsolo, permitem que o ar por convecção flua de uma forma natural mantendo os níveis de conforto adequados.⁽³⁰⁾

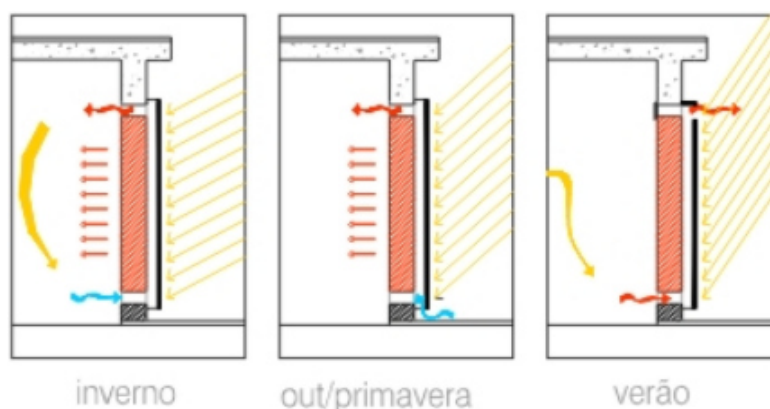


Figura 19 - Sistema de ventilação natural por convecção.⁽³⁰⁾

4. Procedimentos Regulamentares Aplicados em Auditorias Energéticas.

4.1 Âmbito de aplicação

Os edifícios abrangidos pelo Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) e da Qualidade do Ar Interior (QAI) caracterizam-se: ⁽³²⁾

- Edifícios novos existentes ou edifícios que se encontrem sujeitos a grandes remodelações, que se caracterizam por intervenção na envolvente, instalações energéticas ou outras desde que o custo da intervenção ultrapasse os 25% do valor do edifício, nas condições definidas no RCCTE, independentemente de estarem ou não sujeitos a licenciamento ou a autorização da entidade competente para o licenciamento;
- Edifícios de serviços existentes, sujeitos periodicamente a auditorias, conforme especificação do RSECE;
- Edifícios existentes para habitação ou serviços, aquando da celebração de contrato de venda e de locação, incluindo o arrendamento;

Deste âmbito estão excluídas edifícios militares, de sistemas de informação ou forças de segurança que se encontrem sujeitos a regras de controlo de confidencialidade.

Resumidamente o critério para efeitos de auditoria energética está nas tabelas que se seguem:

Tabela 4 - Aplicação de regulamentos térmicos em edifícios de habitação ⁽³³⁾

Aplicação de regulamento térmicos em edifícios		
Habitação	Sujeitos a licenciamento municipal e a processo de Certificação Energética	
Novos Edifícios	Regulamentos Aplicáveis	Requisitos
Sem sistemas de climatização ou Potência nominal $\leq 25\text{kW}$	RCCTE	Energéticos
Sem sistemas de climatização ou Potência nominal $\geq 25\text{kW}$	RCCTE+RSECE	Energéticos e Qualidade Ar Interior

Tabela 5 - Aplicação de regulamentos térmicos em edifícios de serviços ⁽³³⁾

Aplicação de regulamento térmicos em edifícios		
Habitação	Sujeitos a licenciamento municipal e a processo de Certificação Energética	
Novos Edifícios	Regulamentos Aplicáveis	Requisitos
Todos os edifícios sem sistemas de climatização ou potência nominal $\leq 25\text{kW}$	RCCTE	Energéticos
Pequena Áreas $<1000/500\text{m}^2$ todos os edifícios para potência nominal $\geq 25\text{kW}$	RCCTE+RSECE	Energéticos e Qualidade Ar Interior
Grandes áreas $> 1000/500\text{m}^2$ todos os edifícios	RSECE	Energéticos e qualidade do ar

Tabela 6 - Aplicação de regulamentos térmicos em edifícios de serviços ⁽³³⁾

Aplicação de regulamento térmicos em edifícios		
Edifícios de serviços existentes	Procedimentos	Requisitos
Grandes áreas $> 1000/500\text{m}^2$	Auditoria Energética e Qualidade do Ar Interior	Energéticos e Qualidade do Ar Interior

4.2 Processos e fases do desenvolvimento de auditoria energética

Uma auditoria energética consiste na realização um estudo e levantamento das condições de utilização da energia consumida por um determinado edifício de forma a identificar situações passíveis de correcção e oportunidade de melhoria de forma a reduzir a pegada ecológica do edifício em si e também da actividade para a qual o edifício foi concebido ou que se desenvolve neste, reduzindo custos associados a processos produtivos e aumentando a competitividade. ⁽³⁴⁾

Usualmente uma auditoria energética subdivide-se em quatro fases, que englobam a preparação da intervenção, a intervenção no local, o tratamento de dados e por fim a elaboração do relatório da auditoria. A preparação da intervenção deve ser preparada de forma a reunir todo tipo de documentação técnica e documental sobre o edifício, como por exemplo plantas, memórias descritivas, plantas técnicas das especialidades e documentação respectiva, informação quanto a utilização do edifício, como horários, número de ocupantes, equipamentos e também históricos de consumo de forma que

todo trabalho de casa seja previamente preparado com a finalidade de preparar a visita ao edifício o melhor possível. ⁽³⁴⁾

O trabalho de campo e levantamento de dados reais de consumos e funcionamento do edifício é realizado durante intervenção ao local, em que é fundamental recolher informações quanto aos fluxos de energia do edifício, realizar um levantamento dos principais equipamentos e processos responsáveis pelos consumos, com medição das grandezas energéticas, por via da medição com equipamento de monitorização adequado a cada fluxo energético de forma a caracterizar o consumo energético e estado de funcionamento do sistema e características técnicas do mesmo em que os principais elementos a recolher no caso de consumidores intensivos de energia são: ⁽²⁰⁾

- Regime de funcionamento da instalação, a sua caracterização, descrição do processo produtivo ou da actividade complementada com dados técnicos e plantas;
- Capacidades instaladas, níveis de produção verificados no período da auditoria, previsões para anos futuros, Valor Acrescentado Bruto;
- Consumos de energia eléctrica, térmica e outras formas de energia;
- Descrição dos principais setores, com indicação do tipo de energias utilizadas e os principais equipamentos nesses setores;
- Principais infra-estruturas energéticas existentes;
- Geradores de energia existentes com descrição das capacidades, pressões, temperaturas, eficiências, consumos de combustíveis no período da auditoria;
- Redes de fluidos de transporte de energia térmica com diagramas simplificados, níveis de pressão, temperaturas e principais consumidores;
- Centrais de Ar Comprimido, rede de distribuição e consumidores principais;
- Sistemas de despoejamento/exaustão, fornos, atomizadores, secadores, entre outros;
- Instalações eléctricas com diagramas simplificados, transformadores (tensões e capacidades)

No tratamento de dados, com base nos dados obtidos anteriormente cabe agora determinar balanços energéticos, rendimentos, consumos específicos, realizar análise destes com os respectivos custos associados relativos ao ano de referência em questão, verificar também os diagramas de carga associados aos principais fatores de consumo e realizar a correspondente diferenciação dos consumos por forma a localizar e identificar fatores de oportunidades de melhoria, de forma mais detalhada esta fase de tratamento e análise de dados deve contemplar as seguintes tarefas: ⁽³⁴⁾

- Análise das condições de funcionamento dos equipamentos de conversão e de utilização de energia;
- Estabelecer de balanços de massa e de energia dos principais equipamentos;
- Determinar consumos específicos de energia por tipo ou famílias de produto acabado, bem como das intensidades energética e carbónica;

- Identificação de eventuais medidas de racionalização e de economia de energia viáveis do ponto de vista técnico e económico;
- Estimativa do potencial de economia de energia correspondente às medidas e aos investimentos identificados;
- Identificação de medidas e de investimentos necessários para obter eventuais economias, com identificação dos custos estimados (incluindo custos de investimento e custos de exploração) e avaliação da viabilidade económica dessas medidas e investimentos. Procurar-se-á aferir os custos de investimento através da realização de consultas ao mercado, baseadas em especificações sumárias dos sistemas e equipamentos;
- Elaboração de um relatório da auditoria contendo toda a informação e documentação produzida nesta fase.

Toda esta recolha e tratamento de dados servem para determinação do consumo nominal específico de cada edifício, em que sempre que este alcance o máximo de referência para deve-se submeter a um plano racionalização energética, submetido a aprovação da DGEG.

Toda a informação recolhida tratada, problemas, oportunidades de melhoria e conclusões, vêm documentadas para o cliente, em forma de relatório com toda a informação básica sobre a empresa, com a contabilidade energética, uma análise da utilização de energia por setor ou tipo de utilização e com propostas de medidas de racionalização de energia que devem ser avaliadas e debatidas com o cliente de forma a adequar a sua viabilidade de aplicação em termos técnicos e económicos de forma que os possíveis investimentos em racionalização possam dar frutos a curto ou médio prazo.^{(22) (23) (33)}

4.3 Simulação Dinâmica

Consiste na análise quantitativa do desempenho energético, de forma a avaliar necessidades de aquecimento, arrefecimento, ganhos internos, perdas pela envolvente e diferenciação de consumos.

O objetivo primordial é o de determinar o IEE, indicador específica de eficiência energética, ajustar também o dimensionamento de todo sistema AVAC e introduzir medidas de melhoria ao nível da eficiência. Existem vários tipos de IEE, utilizados para verificações regulamentares, no sistema de certificação energética, conforme vem descrito na tabela que se segue:⁽³³⁾

Tabela 7 - Tipos de indicadores de eficiência energética ⁽³¹⁾

Tipo IEE	Designação	Como se determina?	Para que serve?
IEE _{real, facturas}	IEE real obtido pelas facturas	Por análise simples das facturas energéticas (últimos 3 anos de registos), sem correcção climática	<ul style="list-style-type: none"> Verificação simplificada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE*
IEE _{real, simulação}	IEE real obtido por simulação	Por simulação dinâmica, utilizando os perfis reais previstos ou determinados em auditoria, com correcção climática	<ul style="list-style-type: none"> Para efeitos da 1ª auditoria de edifícios novos (ao fim do terceiro ano de funcionamento) Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE*
IEE _{nom}	IEE nominal	Por simulação dinâmica em condições nominais nomeadamente, utilizando os perfis padrão do Anexo XV, com correcção climática	<ul style="list-style-type: none"> Verificação do cumprimento do requisito energético em edifícios novos Classificação energética do edifício (tanto novos como existentes) Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE*
IEE _{ref, novo}	IEE de referência limite para edifícios novos	Definido no Anexo XI	<ul style="list-style-type: none"> Verificação do cumprimento do requisito energético em edifícios novos Referência para classificação energética (aplicável a edifícios novos e existentes)
IEE _{ref, exist}	IEE de referência limite para edif. existentes	Definido no Anexo X	<ul style="list-style-type: none"> Verificação simplificada e detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE*

A calibração do modelo dinâmico, é efectuada normalmente com base em ficheiros climáticos da zona em que se situa o edifício referentes aos anos a que respeitam as facturas energéticas, ou em alternativa ao ficheiro climático recorrendo ao ano climático padrão (STE-Solterm). ⁽³²⁾

Posteriormente a “afinação” do modelo de calibração o procedimento requiere que se substituía os perfis reais de ocupação e funcionamento do edifício, pelos perfis de referência, de acordo com o anexo XV do RSECE. ⁽³²⁾

A obtenção do IEE_{nominal} é conseguida pela aplicação das fórmulas de cálculo do RSECE de acordo com o anexo IX do RSECE. ⁽³²⁾

Fazendo a aplicação das fórmulas de cálculo conforme DL 79/2006, a determinação do IEE, é feita com base de consumos reais de um edifício durante um período de um ano, recorrendo a fatores de conversão para valores de grandeza de energia primária, assim deste modo: ^{(32) (33)}

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p},$$

Em que:

IEE – Indicador de Eficiência Energética (kgep/m². ano);

IEE_I – Indicador de Eficiência Energética de Aquecimento (kgep/m². ano);

IEE_V - Indicador de Eficiência Energética de Arrefecimento (kgep/m². ano);

Q_{out} – Consumo de energia não ligado a processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ ano);

A_p – Área útil de pavimento (m²);

Determinação de IEE_I e IEE_V, vem:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI};$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV};$$

Em que:

Q_{aq} – Consumo de Energia de Aquecimento (kgep/ano);

F_{CI} – Factor de correcção de consumo de energia de aquecimento;

Q_{arr} - Consumo de Energia de Arrefecimento (kgep/ano);

F_{CV} – Factor de correcção de consumo de energia de arrefecimento;

Os fatores de correcção de consumo quer de aquecimento como de arrefecimento são obtidos a partir dos dados de referência da região climática associada a localização do edifício, no caso de estudo região I1-V1 norte, 1000 graus-dia de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento.

O factor de correcção de energia para o aquecimento (F_{CI}):

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}};$$

Em que:

N_{I1} – Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício de estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1 (kWh/m2. ano);

N_{li} - Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício de estudo, na zona onde este está localizado (kWh/m2. ano);

Para a correcção da energia para o arrefecimento (F_{CV}), é a seguinte formula:

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}};$$

Em que:

N_{V1} – Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício de estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1-V1 (kWh/m2. ano);

N_{Vi} - Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício de estudo, na zona onde este está localizado (kWh/m2. ano);

Posteriormente ao cálculo de todos os valores, e calculado o valor nominal de IEE, procede-se então à classificação do edifício com base nas classes energéticas do SCE.

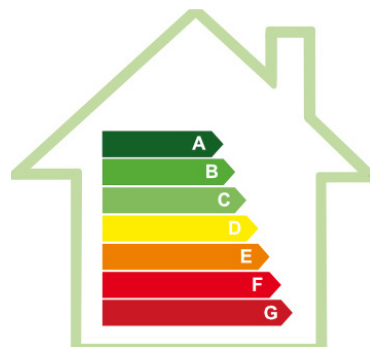


Figura 20 - Classes energéticas do SCE ⁽³⁵⁾

Pela comparação do valor obtido pelo IEE nominal com um valor de IEE de referência para os edifícios existentes, definidos pelo RSECE, obtém-se a classificação da classe energética, de acordo com o RSECE.

Tabela 8 - Valores limite dos consumos globais específicos dos edifícios de serviços existentes ⁽³²⁾

Tipos de actividade	Tipologia do edifício	IEE (kgep/m².ano)
Comercial	Hipermercados	255
	Vendas por grosso	45
	Supermercados	150
	Centros comerciais	190
	Pequenas lojas	75
Serviço de refeições	Restaurantes	170
	Pastelarias	265
	Pronto a comer	210
Empreendimentos turísticos, quando aplicável.	Empreendimentos turísticos, quando aplicável, de 4 ou mais estrelas	60
	Empreendimentos turísticos, quando aplicável de 3 ou menos estrelas	35
Entretenimento	Cinemas e teatros	25
	Discotecas	55

Tendo em conta os valores de referência e nominais IEE, a classificação é obtida pelo desvio entre ambos e comparada de acordo com a classificação seguinte ⁽³³⁾

Classe Energética	Condição a verificar
A +	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S$
A	$IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S$
B	$IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S$
B -	$IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos}$
C	$IEE_{ref,novos} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S$
D	$IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,00 \times S$
E	$IEE_{ref,novos} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,50 \times S$
F	$IEE_{ref,novos} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 2,00 \times S$
G	$IEE_{ref,novos} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$

Figura 21 - Escala de classificação energética ⁽³³⁾

Em que S é o valor tabelado pelo Sistema de Certificação Energética, que resulta da soma dos consumos específicos para aquecimento, arrefecimento e iluminação. ⁽³⁶⁾

Tabela 9 - Valores tabelados do parâmetro S

	Aquecimento + Arrefecimento		Só aquecimento	
	IEE ref. zonas	S	IEE ref. zonas	S
Hipermercados	110	58	93	49
Vendas por Grosso	35	18	27	13
Supermercados	70	30	55	23
Centros Comerciais	95	60	58	36
Pequenas lojas	35	26	31	21
Restaurantes	120	33	120	31
Pastelarias	140	58	122	31
Pronto a comer	170	52	159	31
Hotéis de 4 ou mais estrelas	45	24	30	14
Hotéis de 3 ou menos estrelas	25	18	19	12
Cinemas e teatros	10	6	7	3
Discotecas	40	17	17	7
Bingos e Clubes Sociais	15	11	14	10
Clubes desportivos c/ piscina	25	17	17	14
Clubes desportivos s/ piscina	20	16	17	14
Escritórios	35	15	30	12
Sedes de bancos e Seguradoras	45	19	38	16
Filiais de Bancos e Seguradoras	35	19	26	14
Comunicações	30	16	28	14
Bibliotecas	15	12	11	8
Museus e Galerias	15	11	10	6
Tribunais, Ministérios e Câmaras Municipais	15	11	14	10
Estabelecimentos Prisionais	20	13	17	10
Estabelecimentos de Ensino	15	10	13	8
Estabelecimentos de Saúde c/ Internamento	40	18	31	14
Estabelecimentos de Saúde s/ Internamento	30	14	21	9

Depois de definida a classificação energética do edifício, verifica-se se este fica ou não sujeito a um PRE, plano de racionalização energética, plano elaborado após auditoria energética e que por norma engloba uma série de medidas de racionalização energética com redução de consumo energia e/ou custos, que deveram ser seriadas por forma a garantir a sua viabilidade técnica e económica. ⁽³⁷⁾

O fluxograma que se segue exemplifica o critério a aplicar para determinação da aplicabilidade do PRE a um determinado edifício.

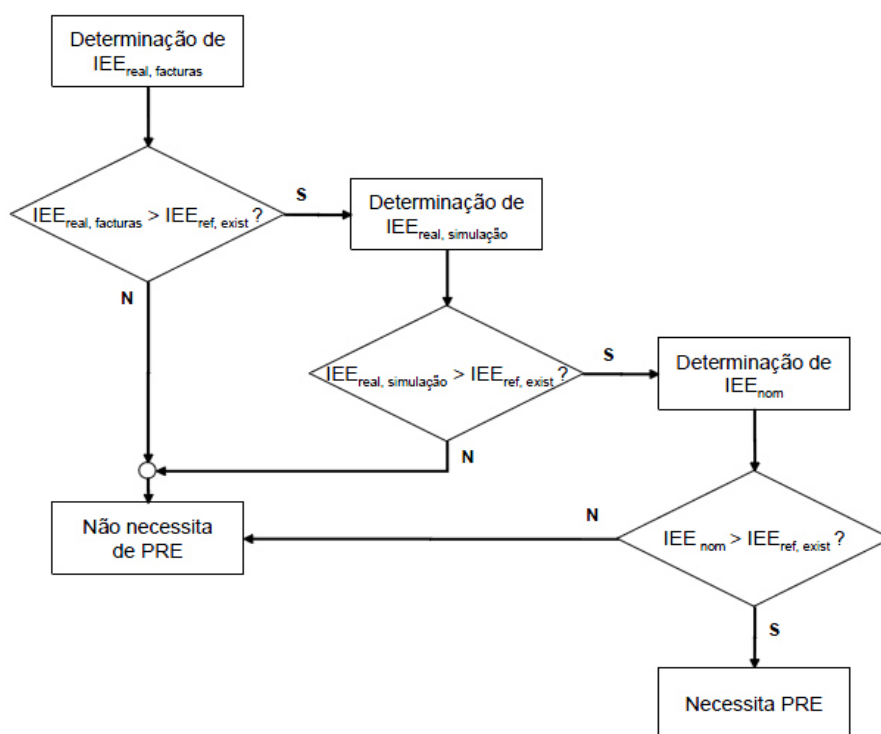


Figura 22 - Fluxograma para determinação da necessidade de PRE ⁽³²⁾

4.4 Formato de uma auditoria energética

A documentação do trabalho efectuado vem apresentado sob a forma de relatório, de aonde vêm descrito todo trabalho e processo de auditoria energética efectuado. ^{(37) (38)}

De forma genérica a estrutura de um relatório como resultado de auditoria energética tem normalmente a seguinte composição:

- Introdução;
- Síntese;
- Utilização global da energia;
- Dados de actividade;
- Cálculo dos consumos específicos;
- Caracterização do edifício;
- Caracterização dos sistemas existentes como AVAC, iluminação, AQS, etc;
- Oportunidades e medidas de racionalização,
- Conclusão.

4.5 Conclusão dos procedimentos regulamentares aplicados a auditorias energéticas.

Devido a natureza específica do edifício alvo de estudo, em que este está inserido, à luz da legislação em vigor, o mesmo ainda que sendo um edifício fisicamente separado da unidade fabril em que se insere, está em termos de alimentação integrado na mesma e é alimentado pelo mesmo ponto de fornecimento de energia. Nestas condições o estudo energético do edifício deve ser realizado de acordo com o diploma Decreto-Lei n.º 71/2008.

Por outro lado e tendo em consideração a mais recente legislação térmica publicada, os critérios para determinação do IEE de um edifício de comércio e serviços poderá ser de acordo com o enquadramento do edifício em estudo como um GES, com base no seu consumo efectivo, conforme tabela 1.02, da portaria 349D de 2013 do diploma 118/2013.

Tabela 10 - Métodos para determinação IEE de um GES

Tipo de edifício	Método	Novo	Existente	Grande intervenção
Pequeno edifício de comércio e serviços (PES)	Base	Simulação dinâmica multizona	Consumo efetivo	Simulação dinâmica multizona
	Alternativo(s)	Cálculo dinâmico simplificado (monozona)	Simulação dinâmica multizona ou cálculo dinâmico simplificado (monozona)	Cálculo dinâmico simplificado (monozona)
Grande edifício de comércio e serviços (GES)	Base	Simulação dinâmica multizona	Consumo efetivo	Simulação dinâmica multizona
	Alternativo(s)	Não aplicável	Simulação dinâmica multizona	Não aplicável
GES sujeito a PRE, com medidas de melhoria no sistema de climatização e/ou na envolvente	Base	Não aplicável	Simulação dinâmica multizona	Não aplicável
	Alternativo(s)	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
GES sujeito a PRE sem medidas de melhoria no sistema de climatização ou na envolvente	Base	Não aplicável	Simulação dinâmica multizona	Não aplicável
	Alternativo(s)	Não aplicável	Cálculo anual simples	Não aplicável

De acordo com a nova legislação a metodologia de cálculo da classe energética seguirá um novo modelo de avaliação que passará por método de comparação com outro edifício existente e que devem contemplar recolha de dados relativos a sua climatização e outros fatores de consumo e desempenho energético. Por esse motivo e pelos factos já enunciados o método de análise da avaliação do desempenho energético do edifício alvo de estudo recairá pela análise e diferenciação dos consumos energéticos e características dos seus equipamentos, como iluminação, climatização, produção de águas quentes e demais sistemas consumidores e produtores de energia estabelecendo um termo de comparação com um edifício análogo de referência em Portugal, Edifício solar XXI.

5. Caracterização energética

5.1 Enquadramento da auditoria energética

O SGCIE prevê que as instalações CIE, realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis.

A Auditoria Energética, conforme definida no artigo 6.º do Decreto-Lei n.º 71/2008, consiste num levantamento detalhado de todos os aspetos relacionados com o uso da energia, ou que de alguma forma contribuam para a caracterização dos fluxos energéticos. Tem por objetivos a caracterização energética dos diferentes equipamentos e sistemas existentes na instalação, diferenciação de consumos, e cálculos de consumo específicos, de forma a identificar medidas com viabilidade técnico-económica que permitam aumentar a eficiência energética ou a reduzir a fatura energética, ou ambas, associada às atividades da instalação em questão.⁽³⁹⁾

A auditoria energética incide sobre o edifício administrativo, maioritariamente escritórios denominado por EAGM, Edifício Administrativo de Geradores e Mecatrónica, que está integrado numa instalação consumidora intensiva de energia e serve de suporte a outras actividades não directamente ligadas ao processo produtivo, mas que acabam por indirectamente influenciar o custo e a competitividade do produto final, assim é importante fazer a diferenciação dos consumos de energia e apontar medidas de melhoria, quer de nível técnico quer de nível comportamental de forma a minimizar o impacto do edifício no custo do produto final, e por outro lado prever a percentagem de redução que é possível atingir apenas com gastos com energia acessórios.

O edifício alvo está localizado em Lanheses, Viana do Castelo, apresenta os seguintes dados de área e potência instalada:

- Área útil total 3530 m² distribuída por três pisos, áreas técnicas e cave.
- Potência de arrefecimento instalada 283 kW (Chiller + Unidades de *Close Control*)
- Potência de aquecimento instalada 540 kW (Caldeiras)



Figura 23 – Edifício EAGM, objecto de estudo

5.1.1 Caracterização do Edifício Administrativo Geradores e Mecatrónica (EAGM).

O edifício alvo de auditoria energética é alimentado autonomamente, e caracterizado por quatro pisos, 1º e 2º piso compostos por escritórios, salas de formação, salas de reuniões, copas e WC's, rés-do-chão constituído por salas de reuniões e formação, cantina e balneários em que estes dois últimos espaços que servem de apoio à atividade industrial de componentes de energia eólica, cave que alberga equipamentos técnicos e espaços de arrumos e ainda uma área técnica de dois pisos contíguos ao edifício de escritórios, que alberga todos os equipamentos de climatização e fornecimento de energia elétrica e gás.

O edifício EAGM é responsável por um significativo consumo eléctrico e gás natural, sendo 15,42% do consumo eléctrico do total da instalação, correspondente a 272.447kWh e o consumo de gás natural 23,59% correspondente a 312.013 kWh relação ao total da instalação. Este consumo é justificado em gastos com climatização, equipamentos informáticos, iluminação e equipamentos diversos ligados a tomadas de uso geral.



Figura 24 - Segundo piso edifício administrativo de escritórios EAGM, área 824 m²



Figura 25 - Primeiro piso edifício administrativo de escritórios EAGM, área 824 m²

Em termos de ocupantes e utilizadores diários, cifra-se em diariamente cerca de duas centenas e meia de utilizadores a circularem no seu espaço usufruindo de climatização, espaço de balneários, refeitório, sanitários para além dos restantes espaços gabinetes e salas de reunião.

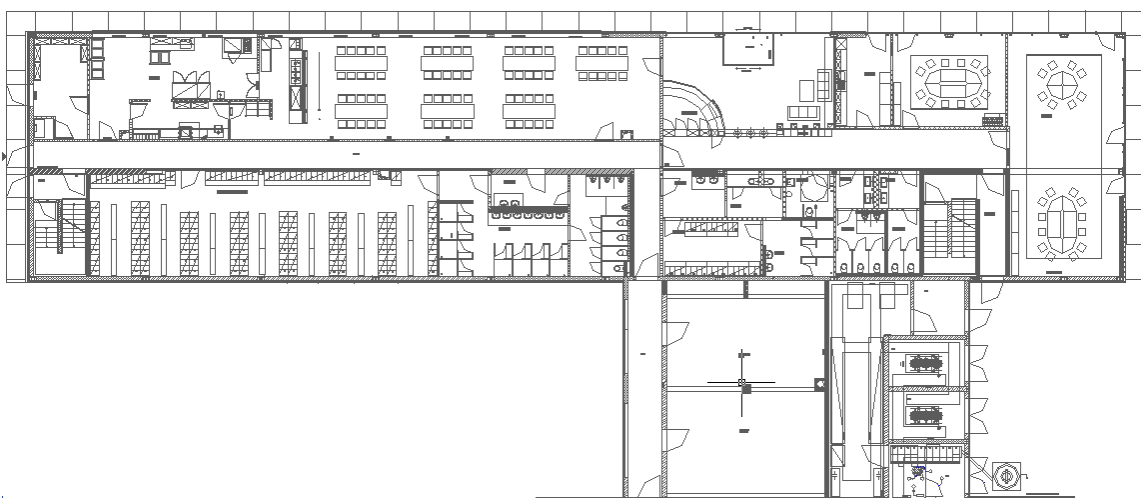


Figura 26 - Rés-do-chão do edifício administrativo de escritórios EAGM, área 1057,46 m²

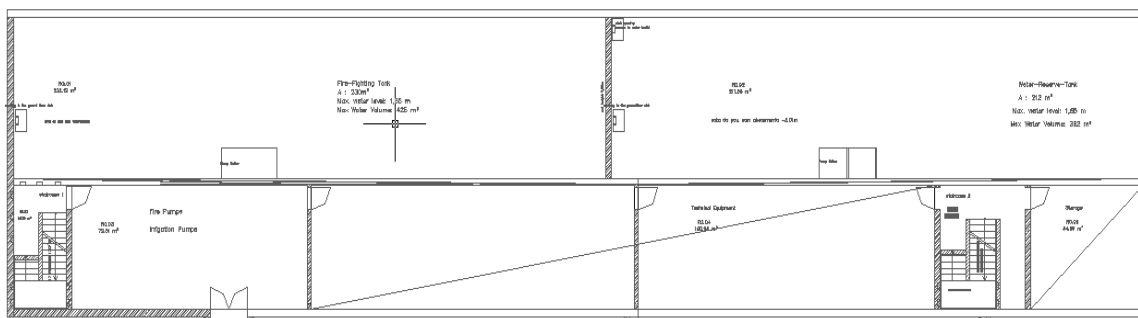


Figura 27 - Cave do edifício administrativo de escritórios EAGM, área 824 m²

5.2 Consumo global de energia

O consumo registado na instalação baseia-se em duas formas de energia, entre elas energia elétrica e gás natural. No quadro seguinte apresentam-se as quantidades da energia consumida sob as duas formas de energia no período de referência correspondente ao ano de 2013 e respectivas conversões para energia primária.

Tabela 11 - Consumo geral das diferentes formas de energia (EAGM)

Tipo de Energia	Quantidade	(tep)	(GJ)	(tCO ₂)
Energia Elétrica	272.893,9 kWh	58,67	980,42	128,26
Gás Natural	17,04 t	18,72	768,5	45,73
Total		77,39	1748,92	173,99

No seguimento do quadro resumo do consumo geral do edifício EAGM sob as várias formas de energia, segue-se a diferenciação dos consumos em percentagem de acordo com as várias formas de energia.

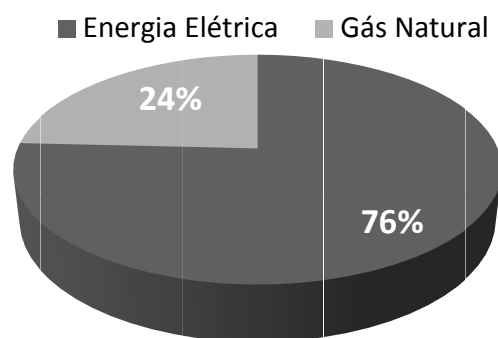


Figura 28 - Consumo de energia primária (tep)

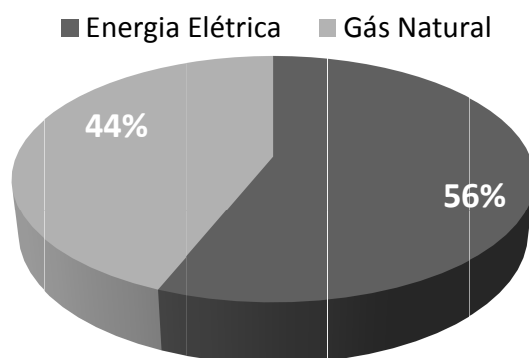


Figura 29 - Consumo de energia final (GJ)

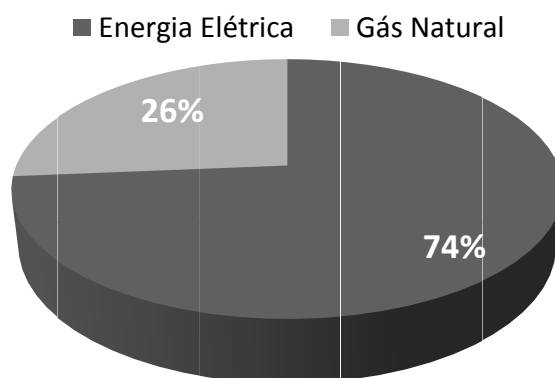


Figura 30 - Emissões de CO2 (t)

No consumo de energia primária a energia elétrica representa mais de três quartos do total, em termos de percentagem de energia elétrica e gás natural o peso de cada tipo de

energia na totalidade é de 76% e 24% respectivamente, assim verifica-se o maior consumo de energia elétrica comparativamente ao gás natural.

Quanto à energia final o consumo está repartido por 44% para gás natural e 56% para energia elétrica, este equilíbrio apesar de a energia elétrica ser a que tem maior peso no consumo.

Relativamente às emissões de gases efeitos estufa, a energia elétrica tem a semelhança de energia primária, um peso de 74%, sendo os restantes 26% respeitantes ao gás natural. Esta diferença traduz efectivamente o desequilíbrio de consumo entre energias que também se verifica na energia primária e a partir da qual se calculam as emissões de CO₂.

O Consumo energético total da instalação consumidora intensiva de energia, em que o edifício EAGM está integrado, apresenta-se na tabela seguinte:

Tabela 12 - Consumo geral das diferentes formas de energia (EAGM + Fábrica)

Tipo de Energia	Quantidade	(tep)
Energia Elétrica	1.767.218,0 kWh	379,95
Gás Natural	17,04 t	87,93
Total		467,88

Conforme diferenciação de consumo entre edifício EAGM e instalação industrial em que o mesmo está integrado, verifica-se que o mesmo é responsável por 14% de toda a energia consumida.

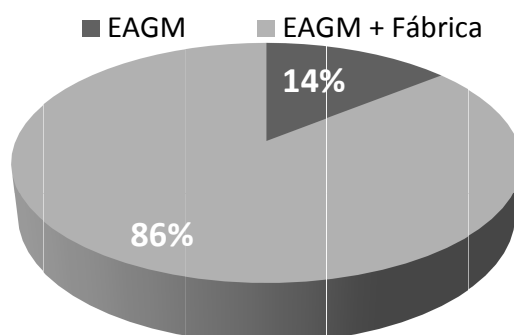


Figura 31 - Consumo de energia primária EAGM versus EAGM +Fábrica (tep)

No quadro que se segue apresenta-se diferenciação da energia consumida ao longo de doze meses, respeitante ao ano de 2013.

Tabela 13 - Consumo global mensal de energia no período de referência, 2013

Mês	Consumo			Emissões
	(%)	(tep)	(GJ)	tCO2
Janeiro	7,94%	6,90	181,13	16,39
Fevereiro	7,49%	6,57	173,96	15,63
Março	7,20%	6,15	158,31	14,53
Abril	6,99%	5,66	136,92	13,20
Maio	8,41%	6,32	138,80	14,47
Junho	7,31%	5,27	108,59	11,92
Julho	10,19%	6,91	128,34	15,36
Agosto	8,51%	5,80	108,70	12,91
Setembro	9,40%	6,40	119,91	14,25
Outubro	9,01%	6,43	130,65	14,52
Novembro	8,75%	6,96	164,81	16,16
Dezembro	8,81%	7,66	200,74	18,17
Total	48,99	77,02	1750,85	177,51
Media		6,42	145,90	14,79

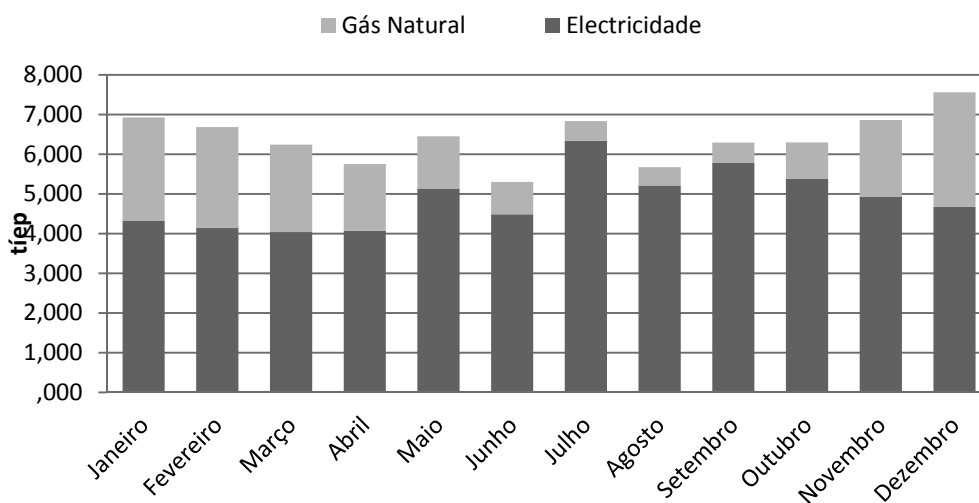


Figura 32 - Variação do consumo de energia primária no período de referência

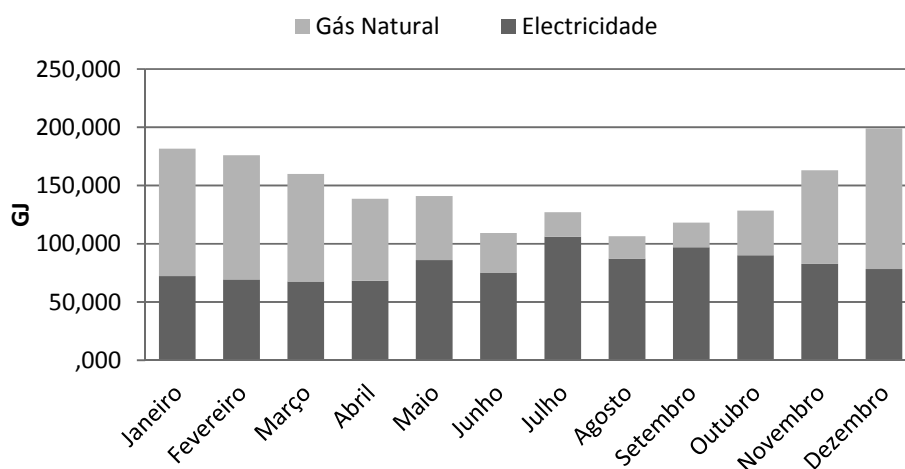


Figura 33 - Variação do consumo de energia final no período de referência

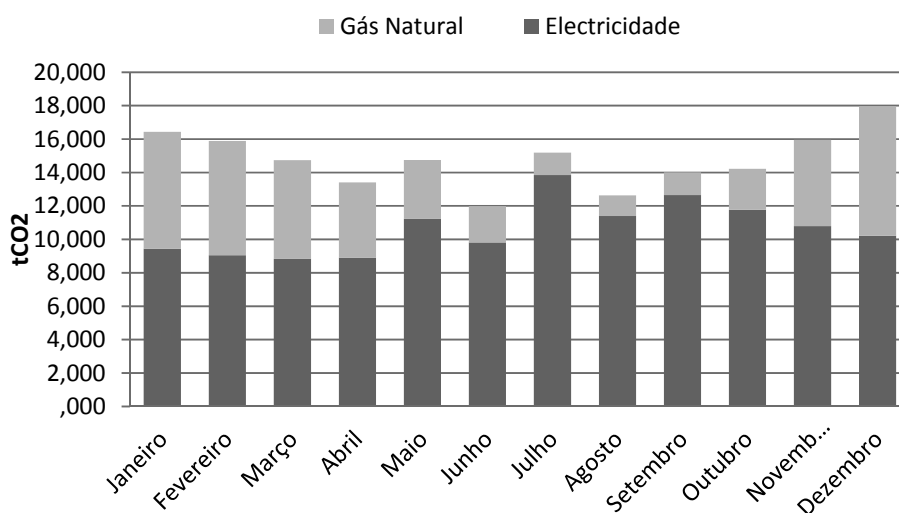


Figura 34 - Variação das emissões de CO2 no período de referência

Da análise dos gráficos acima, que apresentam a variação em termos de consumo de energia primária, final e emissões de CO₂ resultantes desse consumo, o traço comum entre todos os gráficos apresentados é um maior consumo de gás natural nos meses menos quentes e uma maior incidência de consumo de energia elétrica nos meses da estação quente.

5.3 Consumo de energia eléctrica

A tabela seguinte apresenta-se os dados de consumo de energia eléctrica distribuída mensalmente durante o ano, com os consumos parciais dos quadros que suportam o consumo eléctrico de todos os equipamentos e iluminação ao edifício.

Tabela 14- Consumo global por mês de energia eléctrica (kWh)

Consumos eletricos CONTADORES				
Mês	QEIM	QGA(E)	QGA (N)	Totalizador (kWh)
Janeiro	8883,4	10123,3	966	19972,7
Fevereiro	9077,8	8729,5	906	18713,3
Março	9951,2	7474	917	18342,2
Abril	9114,7	8589	784	18487,7
Maio	12096,5	10292,3	891	23279,8
Junho	11668,6	8105,1	938	20711,7
Julho	19076,4	9763,2	989	29828,6
Agosto	15378,7	8396,2	1075	24849,9
Setembro	17452	8989,6	998	27439,6
Outubro	14596,2	9945,9	1132	25674,1
Novembro	12467,3	10102	846	23415,3
Dezembro	12398,8	8907,2	873	22179
Total	152161,6	109417,3	11315	272893,9

A energia eléctrica é fornecida ao edifício por meio do QGBT nº1, através das alimentações QEIM, quadro eléctrico para instalações mecânicas, QGA N quadro geral administrativo normal e QGA E quadro geral administrativo alimentação emergência e socorrida. O QGBT nº1 é servido por um transformador de 1600kVA.

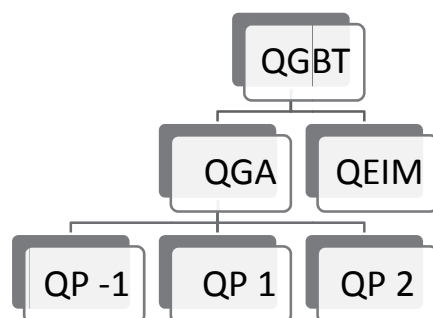


Figura 35 - Esquema de distribuição de energia elétrica ao edifício EAGM

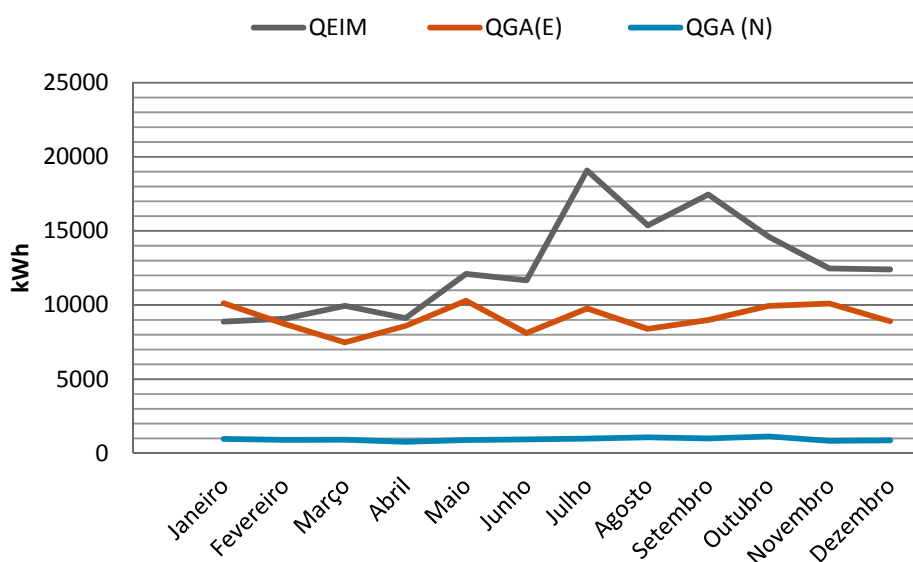


Figura 36 - Consumo eléctrico edifício EAGM

Da apreciação da tabela 13 e do gráfico anterior é possível retirar algumas conclusões, de que o AVAC que resulta da contagem parcial dos consumos do quadro QEIM não se trata de um consumo de grande significado quando comparado com os consumos registados pelos restantes componentes alimentados pelos QGA's, quer pelos circuitos normais como pelos circuitos de emergência ou socorridos.

QGA (N) apresenta um consumo mais acentuado, em especial incidência no período quente devido ao facto de os ventilo convectores dos diversos espaços serem alimentados por este, tal como as unidades de *close control*, e máquinas frigoríficas de *vending*, que no período referido, contribuem para um aumento de consumo significativo.

No que refere ao QEIM, quadro eléctrico de instalações mecânicas, o seu consumo é praticamente estável durante todo ano, devido ao trabalhar de forma regular das bombas circuladoras em contínuo para levar as águas frias e quentes aos ventilo convectores e sistemas de ventiladores de extracção e insuflação de ar novo.

No verão ou período quente, as bombas recicladoras de águas quentes e ventilação são paradas nos períodos de maior calor para não contribuírem com o aumento de ganhos em termos de temperaturas para o interior do edifício, no entanto o ligeiro decréscimo verificado poderá dever-se a uma melhor gestão horária dos vários equipamentos de climatização.

5.4 Consumo de Gás Natural

O quadro que se segue apresenta o consumo de gás natural em termos de metros cúbicos no período de referência.

Tabela 15- Consumo global por mês de gás natural (m³)

Mês	Total (m³)
	Caldeiras
Janeiro	3269,5
Fevereiro	3190,7
Março	2762,3
Abril	2106,2
Maio	4646,1
Junho	1018,5
Julho	627,4
Agosto	576,0
Setembro	632,3
Outubro	1144,1
Novembro	2410,0
Dezembro	3618,8
Total	23001,9

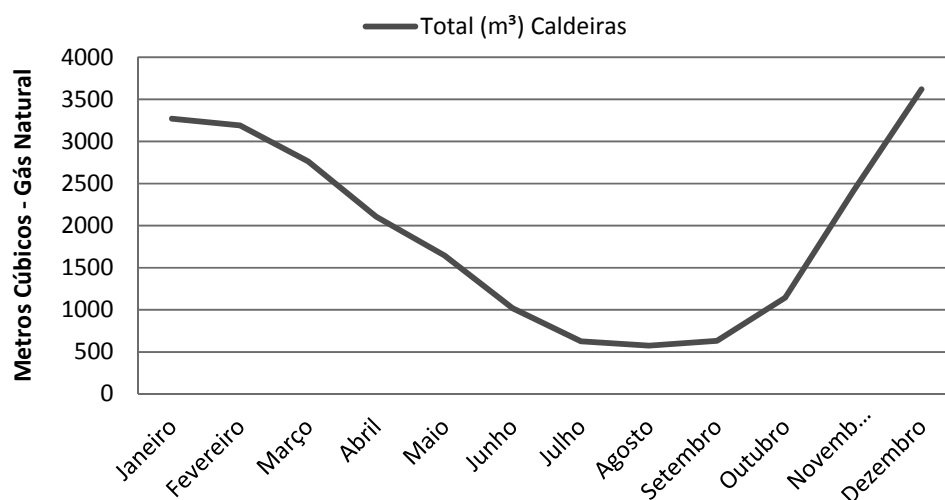


Figura 37 - Consumo de gás natural no edifício EAGM

Em termos de consumo de gás natural ao longo dos meses do ano, verifica-se claramente pela análise da tabela anterior que o consumo de gás nos meses de estação quente sofre um decréscimo significativo, estando directamente relacionado com as variações de temperatura externas e por outro lado também devido ao rendimento do sistema de AQS nos meses quentes que contribui para baixar as necessidades de águas quentes nos meses de mais incidência solar.

5.5 Consumos Específicos

Nesta etapa vêm apresentados os quadros que mostram os indicadores de consumo energético em kWh, m³ e energia final, em termos de área útil:

Tabela 16 - Consumo elétrico por área útil

Consumo Energia Elétrica (kWh/m ² . ano)		
Energia (kWh)	272893,9	77,31
Área (m ²)	3530	

Tabela 17 - Consumo de gás natural por área útil

Consumo Gás Natural (m ³ /m ² . ano)		
Gás Natural (m ³)	23001,9	6,52
Área (m ²)	3530	

Tabela 18 - Consumo de gás natural por área útil

Consumo Energia Final (GJ/m ² . ano)		
Energia Final (GJ)	1750,9	0,50
Área (m ²)	3530	

Em relação aos consumos específicos obtidos, é imediata a comparação dos resultados com o modelo de comparação adoptado, o Edifício Solar XXI, considerada construção NZEB, que em relação ao consumo de energia elétrica apresenta um rácio de consumo por metro quadrado de 21,54 kWh. Só o edifício de geradores e mecatrónica apresenta um consumo superior a três vezes e meia sem incluir o consumo de gás natural.

Comparando os rácios de consumo global em GJ por área útil, verifica-se que o edifício EAGM apresenta um nível de consumo superior em 6,25 vezes, relativamente ao Edifício solar XXI.

5.6 Fatores de conversão

Para a determinação dos valores de energia primária, energia final e emissões de CO₂, nas suas unidades respectivas do sistema internacional, os factores de conversão vêm das seguintes fórmulas de cálculo:

- Energia primária (tep) = $Energia\ kWh \times 0,215 \times 10^{-3}$
- Energia final (GJ) = $\left(\frac{Energia\ kWh}{1000}\right) \times 3,6$
- Emissões de (tCO₂) = $Energia\ kWh \times 10^3$

6. Caracterização do consumo energético

6.1 Caracterização do consumo energético por tipo de utilização final.

O fornecimento de energia elétrica é realizado por intermédio de um posto de transformação de média para baixa tensão, com duas saídas para dois quadros gerais de distribuição, nº1 e nº2, sendo o quadro geral nº1 que fornece energia ao Escritórios via de dois quadros parciais, QGA (N) e QGA (E). Estes suportam a iluminação tomadas, alimentados respectivamente por circuitos normais e de emergência. Além dos quadros acima referidos existe também um quadro de instalações mecânicas (AVAC) denominado (QEIM) onde se encontram ligados os equipamentos relacionados com a climatização, como o chiller, bombas de circulação, caldeiras, ventilo convectoros e ventiladores e se encontra directamente alimentado ao quadro geral nº1.

Os consumos dos quadros parciais, QGA (N) e QGA (E) foram somados com o QEIM, quadro de instalações mecânicas para o edifício, traduzindo o consumo geral do edifício EAGM.

O gráfico abaixo apresenta os valores em termos de consumo de energia durante uma semana, entre 7 de Junho a 14 de Junho. Da análise deste verifica-se um decréscimo considerável durante o fim mas por outro lado apesar de a ocupação do edifício ser reduzida existe um *offset* de consumo que se mantém.

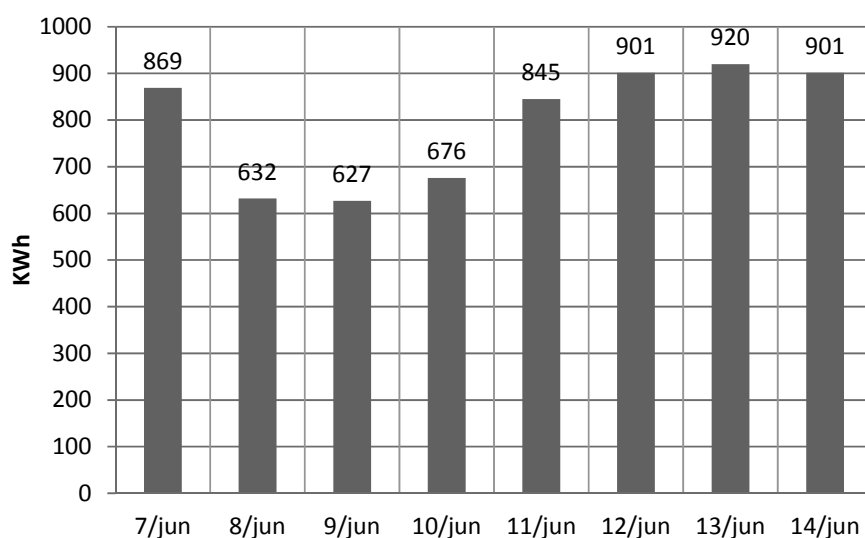


Figura 38 – Consumo de energia do edifício EAGM (07/06 a 14/06).

Além da distribuição de consumos ao longo de uma semana completa no edifício EAGM detalha-se melhor o comportamento do consumo, apresentando os diagramas de carga ao longo do dia num dia típico de consumo durante a semana e procedimento análogo para um dia durante o fim-de-semana.

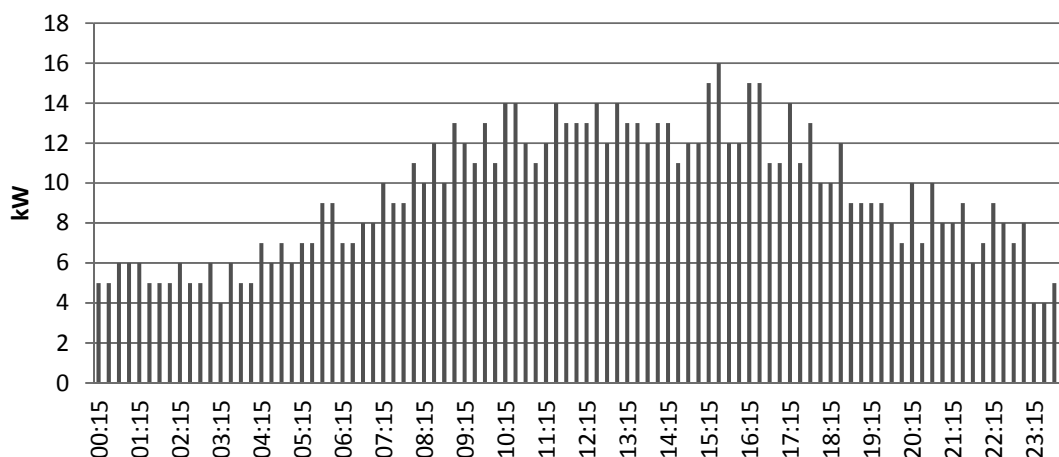


Figura 39 - Diagrama de carga do edifício EAGM (14/06)

A figura 39, apresentado caracteriza o consumo típico de um dia em período semanal de segunda a sexta-feira, demonstra ao longo de 24h um consumo base que varia entre 4 a 6kW no período compreendido entre as 22:00h e as 6:00h, com um aumento gradual a partir das 07:00 e um período de maior consumo entre as 08:00h e as 19:00h, período em que se enquadra no padrão horário normal de trabalho por parte dos utilizadores do edifício.

Em termos de diferenciação de consumo 8%, está afectada a consumo de utilização normal como iluminação, tomadas de uso geral, unidades de climatização das salas de servidores, ventilo-convectoros dos vários gabinetes e eletrodomésticos de copas e refeitório, com um valor nominal de 72kW, em segundo lugar estão os consumos com sistema AVAC com 39% da percentagem de consumo correspondendo a 353kW, no dia 14/06 estão afectos a consumos relacionados com ventiladores, *chillers*, bombas caldeiras UTAS. A maior parte 53% afectos a equipamentos ligados a alimentação socorrida como servidores e equipamentos informáticos, com consumo nominal de 476kW.

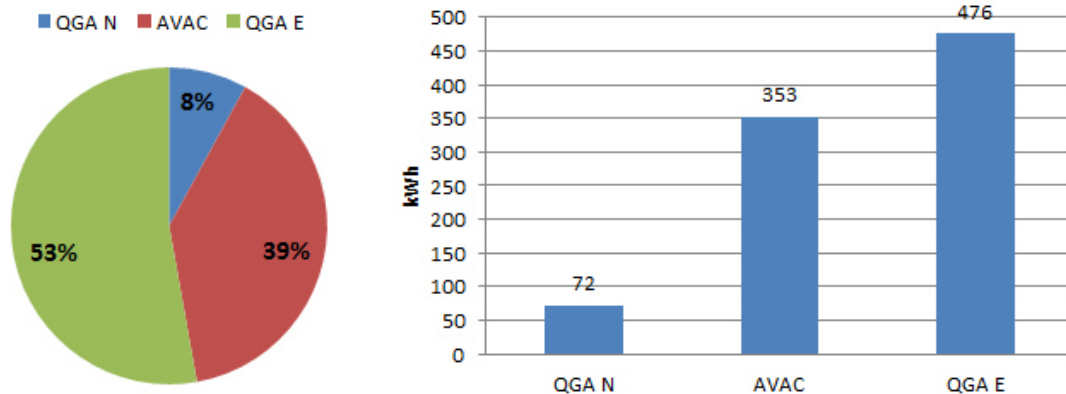


Figura 40 - Diferenciação de consumo por alimentação (14/06)

O diagrama de carga de consumo típico num dia de fim-de-semana, apresenta decréscimo nas cargas de potência de 15 minutos entre as 08:00 e as 10:00, para valores médios de aproximadamente 6 a 7kW, facto que se deve à baixa presença de utilizadores no edifício durante o fim-de-semana.

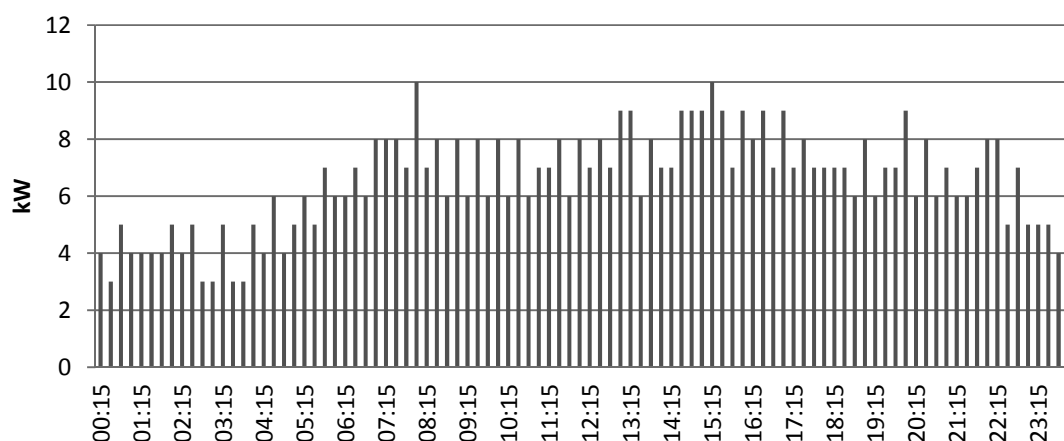


Figura 41 - Diagrama de carga do edifício EAGM (09/06).

Comparativamente com os diagramas de carga registados num dia normais de utilização a diferenciação dos mesmos ao fim-de-semana, mostra um decréscimo de consumo significativo para 237kWh, correspondendo a uma percentagem de 38% na parte de energia afecta a equipamentos informáticos resultante da sua menor utilização, sendo que o restante consumo é justificado por equipamentos informáticos que se mantêm em funcionamento a tempo inteiro como os servidores informáticos. A maior parte do consumo desta feita está afecta a consumo com os equipamentos de AVAC, 56%, correspondentes a 352kWh. Os consumos de energia com alimentação de tomadas de uso

geral e equipamentos diversos como frigoríficos, máquinas de *vending* e iluminação têm um peso de 6% e 38kWh de energia consumida.

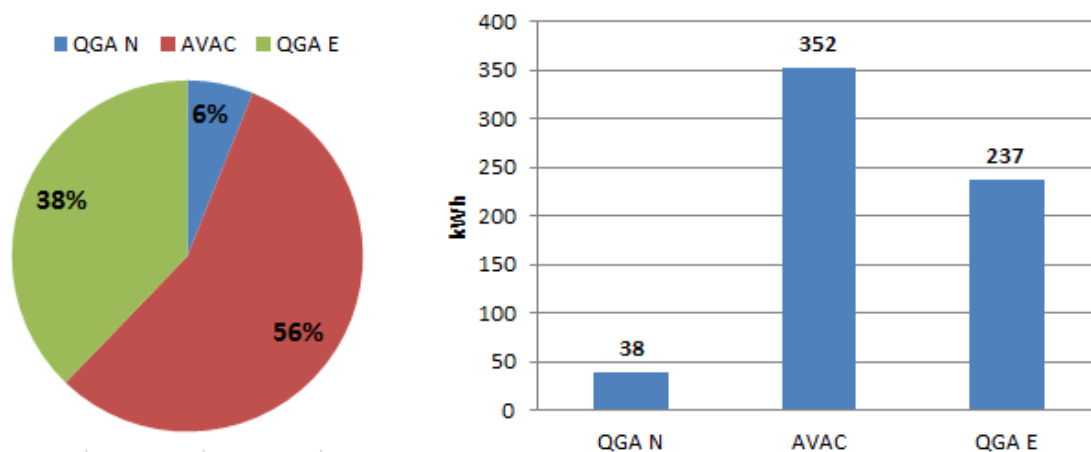


Figura 42 - Caraterização de consumo por alimentação (09/06)

No seguimento da análise dos consumos verificados durante uma semana e de acordo com limitações dos meios ao nível de medições e leituras para realizar uma diferenciação dos consumos mais eficiente e mais aproximada possível com a realidade do consumo do edifício, seleccionou-se o dia 14/06 por traduzir um consumo médio diário do edifício.

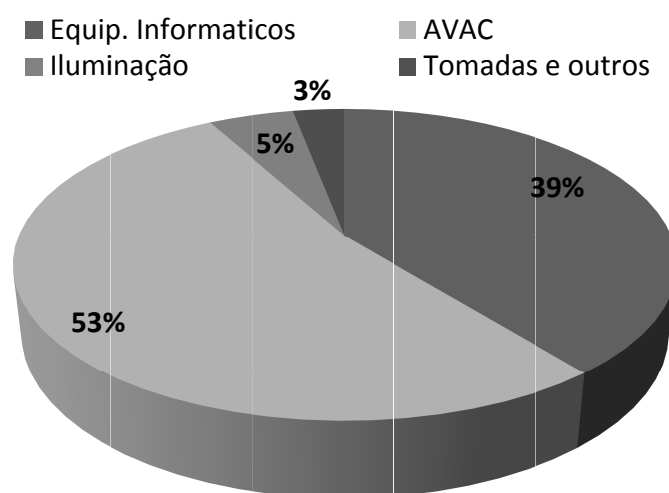


Figura 43 - Caraterização de consumo edifício EAGM (14/06)

6.2 AVAC

O AVAC do edifício é composto por produção de água fria, produção de água quente, ventilação e AQS, águas quentes sanitárias. No quadro seguinte pode visualizar-se o resultado do diagrama de carga do consumo dos equipamentos AVAC.

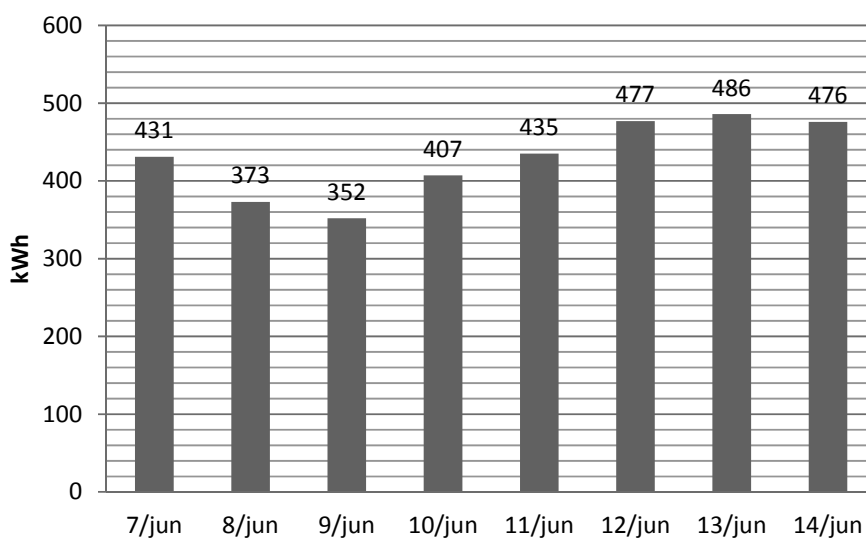


Figura 44 - Consumo elétrico do sistema de AVAC do edifício EAGM entre (07/06 a 14/06).

No gráfico anterior apresenta-se o consumo elétrico do edifício EAGM da componente AVAC, com um diagrama de carga variável com a utilização do edifício, em que se verifica de forma clara a ligação directa a potência elétrica despendida com AVAC e a sua ocupação.

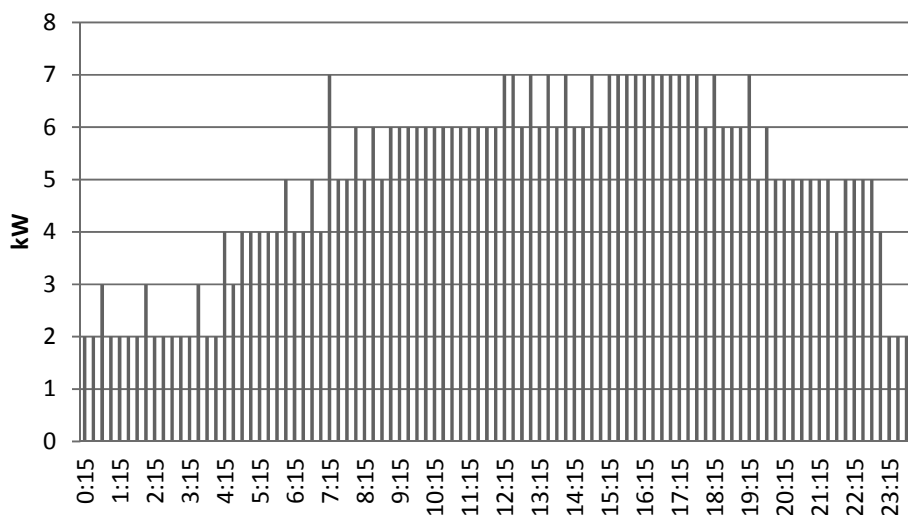


Figura 45 - Diagrama de carga da potência dos equipamentos AVAC (14/06)

O edifício de escritórios tem uma utilização maior no horário compreendido das 8:00h e as 19:00h, sendo que o diagrama de carga reflete esse dado, no entanto o funcionamento do sistema dos equipamentos AVAC têm um horário mais alargado devido a ocupação parcial.

6.3.1 Produção de Água Fria para Climatização

A rede de produção de água fria é sustentada por um *chiller* que arrefece as águas destinadas a climatizar, auxiliada por um grupo de bombagem para circulação das águas em circuito fechado para as baterias das UTAS e ventilo-convectores.

Figuras ilustrativas de equipamentos que constituem a rede de produção de água fria.



Figura 46 - Equipamentos da rede de produção de água fria

Esquema de princípio da rede de produção de água fria e sino topo do sistema integrado de gestão do edifício.

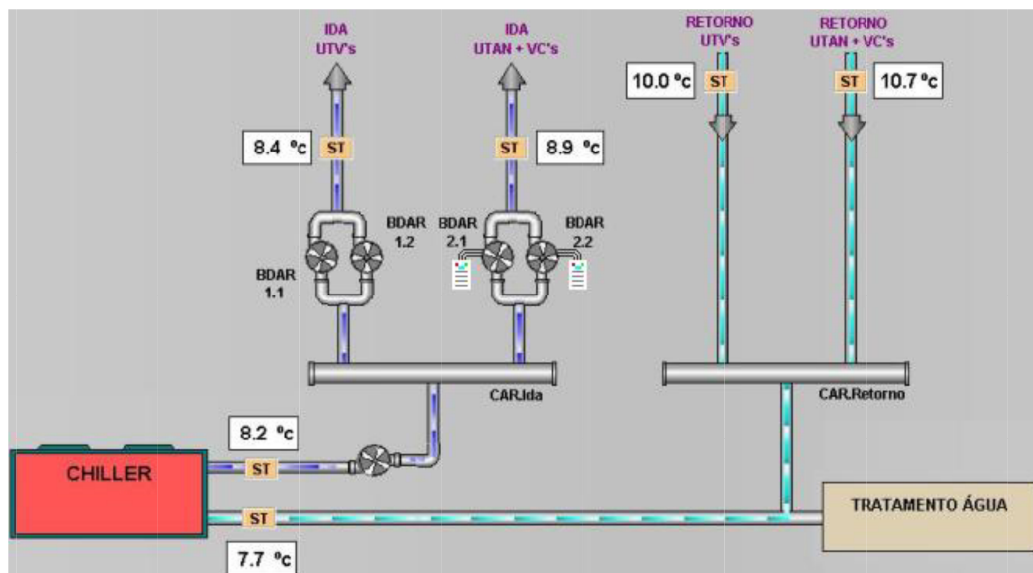


Figura 47 - Esquema de princípio de produção de água fria

A rede de produção de água fria é constituída em termos de equipamentos por um *chiller* e bombas de circulação. São elas designadas por bomba de *chiller*, BDAR 1.1, BDAR 1.2, BDAR 2.1 e BDAR 2.2. De referir que todas as bombas estão interligadas com variador de velocidade com exceção da bomba do *chiller* que funciona em função do horário atribuído ao funcionamento do mesmo.

Tabela 19- Características dos equipamentos da rede de produção de água fria

	<i>Chiller</i>	Bomba <i>chiller</i>	BDAR 1.1	BDAR 1.2	BDAR 2.1	BDAR 2.2
Marca	Climaveneta	Wilo	Wilo	Wilo	Wilo	Wilo
Modelo	NECS/HL 0804	IPL65/120-2,2/2	TOP-SD40/15	TOP-SD40/15	AF100L/2H-11	AF100L/2H-11
T (V)	400	400	400	400	400	400
I (A)	167	--	1,84	1,84	6	6
F (Hz)	50	50	50	50	50	50
P (kW)	102	2,2	0,9	0,9	3	3

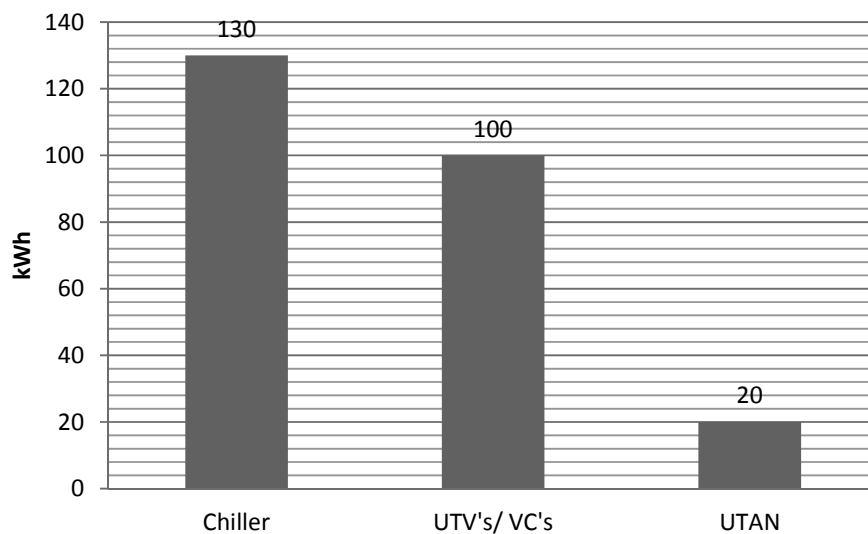


Figura 48 – Consumo diário dos equipamentos da rede de produção de água fria em dia semanal (14/06)

Na tabela que se segue são apresentadas medições instantâneas, obtidas durante o período de funcionamento diurno.

Tabela 20 - Medições instantâneas de consumos de bombas de água fria

	BDAR 1.1	BDAR 1.2	BDAR 2.1	BDAR 2.2
T (V)	400	400	400	400
L1 (A)	1,37	1,33	1,63	1,45
L2 (A)	1,30	1,36	1,62	1,40
L3 (A)	1,30	1,36	1,65	1,41

6.3.1.1 CHILLER



Figura 49 - Chiller de climatização do edifício EAGM

Na tabela seguinte constam as principais características do chiller

Tabela 21 - Características do chiller

Chiller	
Marca	Climaveneta
Modelo	NECS/HL 0804
Ano	2008
Tensão (V)	400
Frequência (Hz)	50
Potência Arrefecimento (kW)	201
Potência Elétrica (kW)	72,8
Fluído	R410A
EER	2,76
ESEER	4,02

Na figura que se segue pode-se observar a variação do consumo elétrico do *Chiller* durante 24 horas, com um *setpoint* de funcionamento de 8 °C, com temperaturas de ida e retorno de 8.2 °C e 10.3 °C respectivamente.

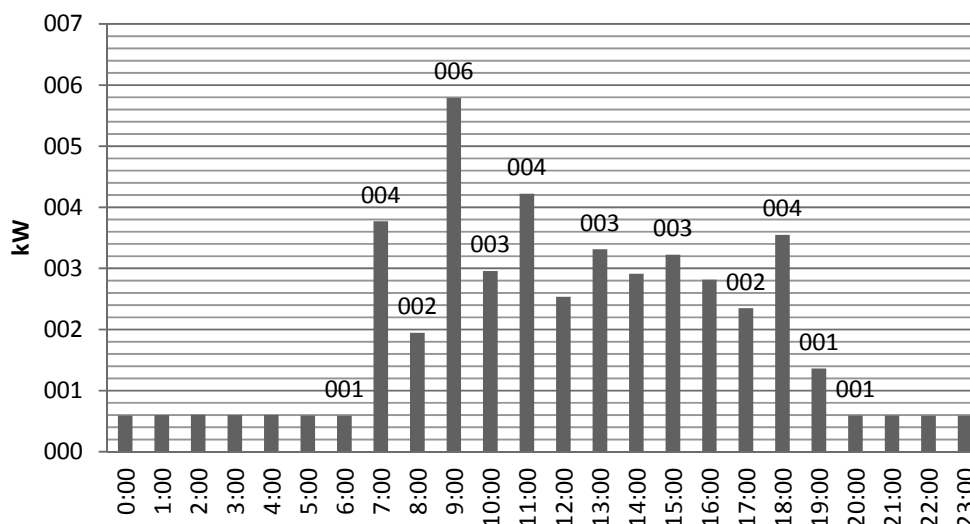


Figura 50 - Diagrama de carga do *chiller* setpoint 8°C

Da análise do diagrama de carga, obtido com recurso a um contador de energia, conclui-se que o mesmo funciona entre as 7:00 e as 19:00, horário de maior utilização do edifício de escritórios e horário definido no sistema centralizado de gestão. De referir que o *chiller* com o decorrer do dia vai aumentando de intensidade em termos de funcionamento, apresentando um funcionamento mais contínuo no período da tarde, altura do dia em que as temperaturas são mais elevadas nos diversos espaços devido aos ganhos solares.

6.3.2 Produção de Água Quente para Climatização

Na rede de produção de água quente os equipamentos intervenientes são duas caldeiras e as respectivas bombas de circulação para as UTAS (baterias de água quente), ventilo convectores e sistema de águas quentes sanitárias.

Relativamente a rede de produção de água quente



Figura 51 - Equipamentos afectos a produção de água quente

Esquema de princípio da rede de produção de água quente e sinótipo do sistema integrado de gestão do edifício:

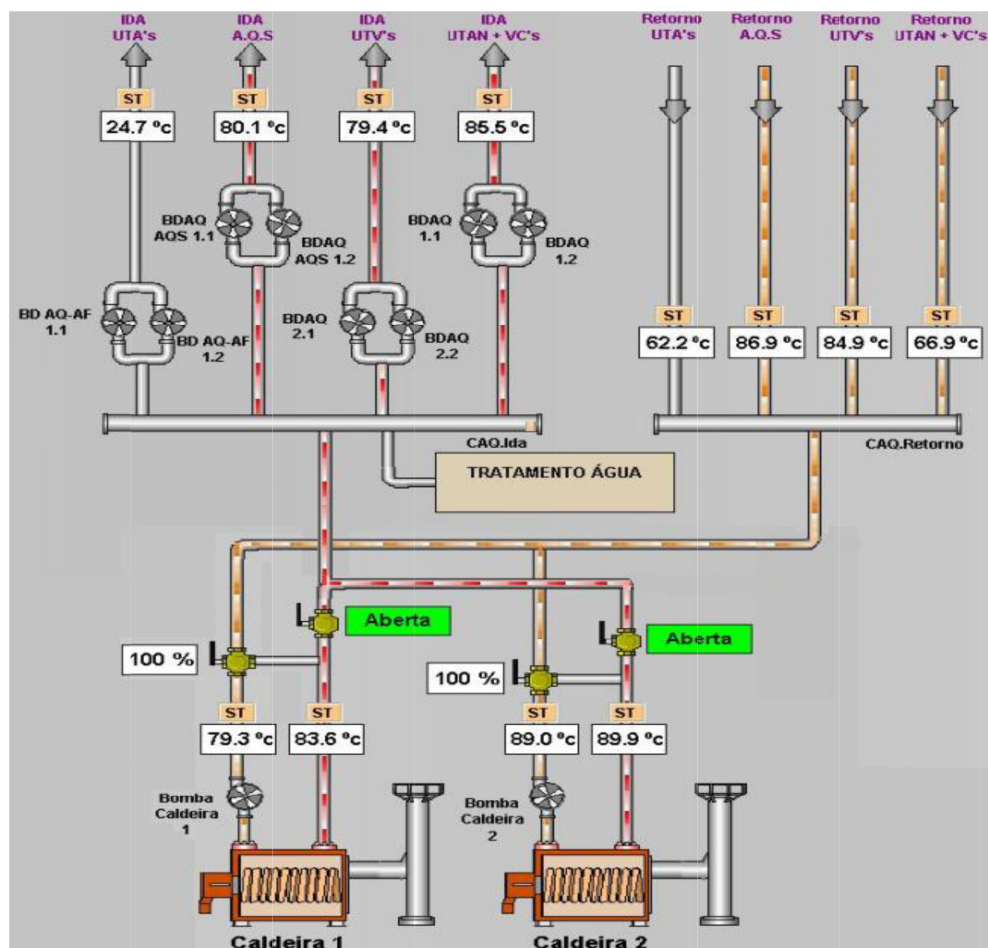


Figura 52 - Equipamentos afectos a produção de água quente

Com base em leituras obtidas por medidores por ultra-sons instalados nas tubagens dos vários circuitos fechados de águas quentes, como ventilo convectores, unidades de tratamento de ar, caldeiras e águas quentes solares foi possível contabilizar durante uma semana a energia acumulada fornecida pelos vários circuitos de água quente ao edifício, valores medidos em MW/h.

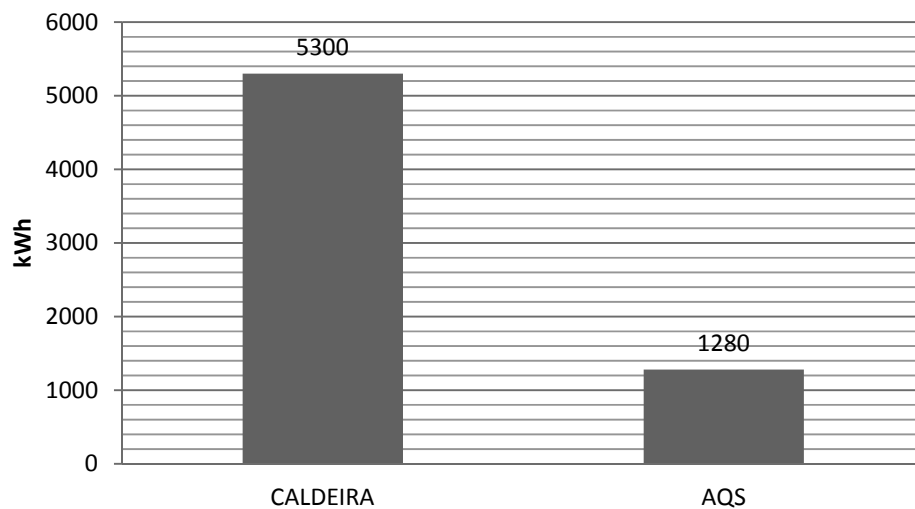


Figura 53 - Energia fornecida sob a forma de água quente por ambos os sistemas (23/02 a 28/02)

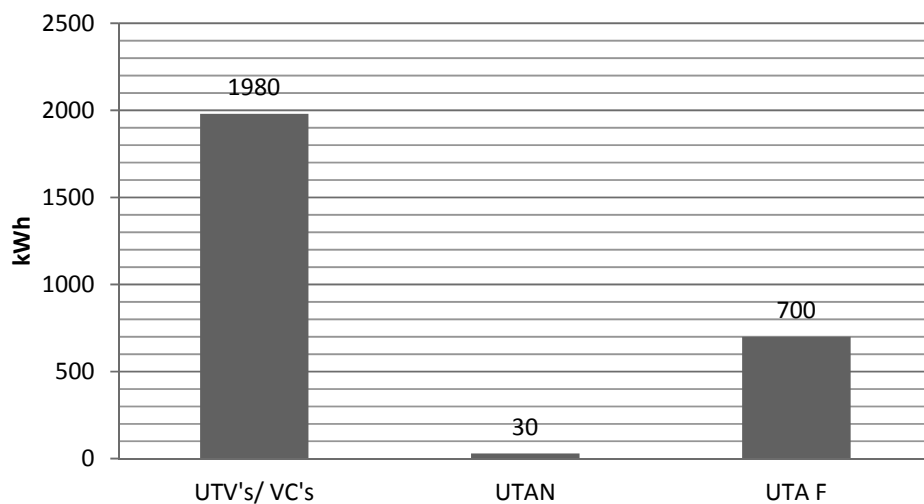


Figura 54 - Energia fornecida sob a forma de água quente a equipamentos de climatização (23/02 a 28/02)

Da observação dos gráficos anteriores é possível retirar duas evidências em relação a produção de águas quentes e consumo das mesmas, em relação a produção e num período desfavorável para produção de águas quentes, o AQS consegue fornecer aproximadamente 25% das necessidades e em relação ao consumo os ventilo convectores são os grandes consumidores de águas quentes para climatização, verifica-se que os sistemas centralizados são sempre mais económicos eficientes.

Tabela 22 - Consumos instantâneos bombas de água quente

	BDAQ 1.1	BDAQ 1.2	BDAQ 2.1	BDAQ 2.2
T (V)	400	400	400	400
L1 (A)	1,9	1,8	1,3	1,35
L2 (A)	2,0	1,84	1,4	1,2
L3 (A)	1,7	1,72	1,32	1,28

Na tabela acima estão apresentados alguns valores de medições de consumos elétricos instantâneos medidos nos respectivos equipamentos.

6.3.2.1 Caldeiras



Figura 55 - Caldeiras

As caldeiras destinam-se a aquecimento das águas quentes sanitárias e climatização. São duas caldeiras de potência igual que funcionam alternadamente, com um *setpoint* definido para o verão na gama dos 55 - 65 °C e outro para inverno na casa na gama de 75 a 85°C. No que se refere ao AQS estas têm apoio de um conjunto de oito painéis solares que contribuem para o aquecimento das águas quentes sanitárias.

Tabela 23 - Características da caldeira

Caldeira – Dados Técnicos	
Marca	Viessmann
Modelo	Vitoplex 200
Ano	2008
Potência calorífica útil (kW)	270kW
Potência calorífica nominal (kW)	293kW
Temperatura Máxima (°C)	110
Temperatura de serviço (°C)	95
Pressão de serviço (bar)	4
Capacidade em termos de água (L)	400
Rendimento energético (%)	95
Capacidade (L)	445

Cada uma das caldeiras tem um queimador a gás natural, cujas características técnicas apresentam-se no quadro que se segue:



Figura 56 - Queimador de caldeira a gás natural

Ambas as caldeiras têm incorporado queimadores do tipo modular a gás natural, com as características técnicas conforme tabela seguinte:

Tabela 24 - Características técnicas queimadoras

Queimador	
Marca	Weishaupt
Modelo	WG30N/1-C
Combustível	Gás Natural
Pressão (mbar)	15-500
Potência Nominal	40-350

Devido a falta de equipamento adequado não foi possível apresentar um gráfico dos gases CO, O₂ e de temperatura dos gases resultantes da exaustão, sendo apenas possível com o equipamento disponível efectuar leituras pontuais do rendimento de queima, efectuada em função da concentração dos gases.

Tabela 25 - Parâmetros de queima das caldeiras

(41) Caldeiras - Leitura	Caldeira 1	Caldeira 2
Combustível	Gás Natural	Gás Natural
CO ₂ max (%)	11,8	11,8
O ₂ (%)	15,5	5,4
CO ₂ (%)	3,1	8,8
Temp. Fumo °C	125,6	106,2
Temp. Amb. °C	24,3	24,3
Eff Net (%)	86,9	95,8
Loss Net (%)	13,1	4,2

A eficiência da combustão é a garantia da boa queima realizada pelo queimador durante a combustão, em que os principais indicadores estão na quantidade de combustível não queimado e pelo ar em excesso absorvido pelo queimador para a queima. Em termos de perdas a maior fatia dá-se pelos fumos da combustão lançados pela chaminé. ⁽⁴¹⁾

Em níveis aceitáveis eficiência de combustão o excesso de ar normalmente não excede os 15%, sendo que as condições da operação e manutenção do equipamento influenciam o seu desempenho. O funcionamento o ideal é garantir uma eficiência de combustão na ordem dos 90% ou superior, mas para garantir esse desempenho do equipamento existem várias condicionantes, como a temperatura dos gases, qualidade do combustível, ar em excesso, temperatura ambiente e perdas por radiação e convecção que devem ser monitorizados e garantidos em prol da eficiência.⁽⁴¹⁾

6.3.3 Ventilação

6.3.3.1 Unidades de Tratamento de Ar

Quanto à Ventilação, existem três unidades de tratamento de ar, com as seguintes designações: UTAN; UTV1 e UTV2. Existem também ventiladores de extracção e ventiladores de insuflação de ar associados ao sistema de renovação de ar no edifício.



Figura 57 - Equipamentos de ventilação

Esquema de princípio das unidades de ventilação, UTAN que realiza insuflação para os escritórios, UTV1 destinada insuflação para os sanitários e UTV2 destinada insuflação do refeitório, unidades de tratamento de ar com baterias de água fria e quentes, utilizadas para climatização nas respectivas áreas acima mencionadas, e o seu controlo é efectuado por intermédio de uma gestão técnica centralizada.

Foram realizadas monitorizações dos seus consumos ao longo de um dia completo de forma a analisar o seu consumo e compara-lo.

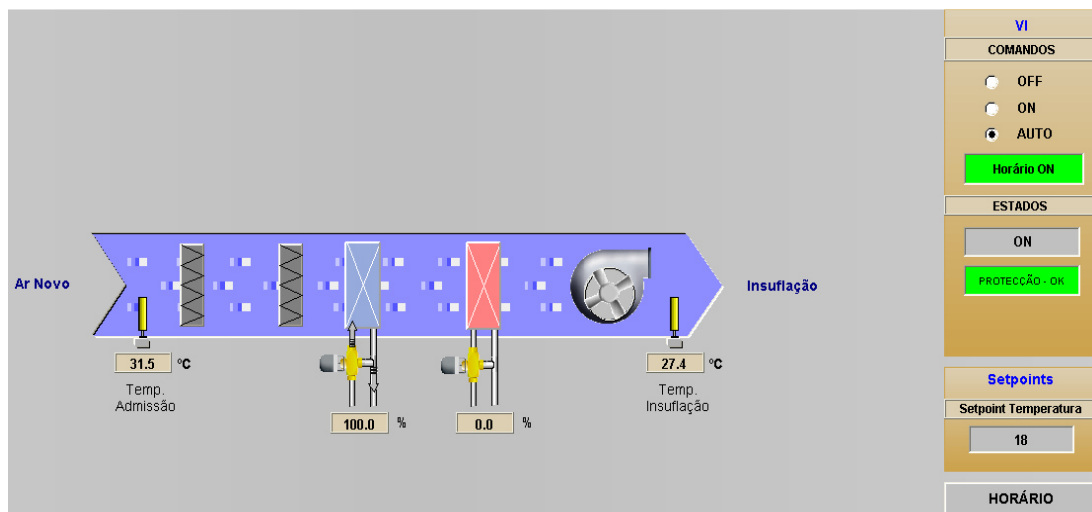


Figura 58 - UTAN

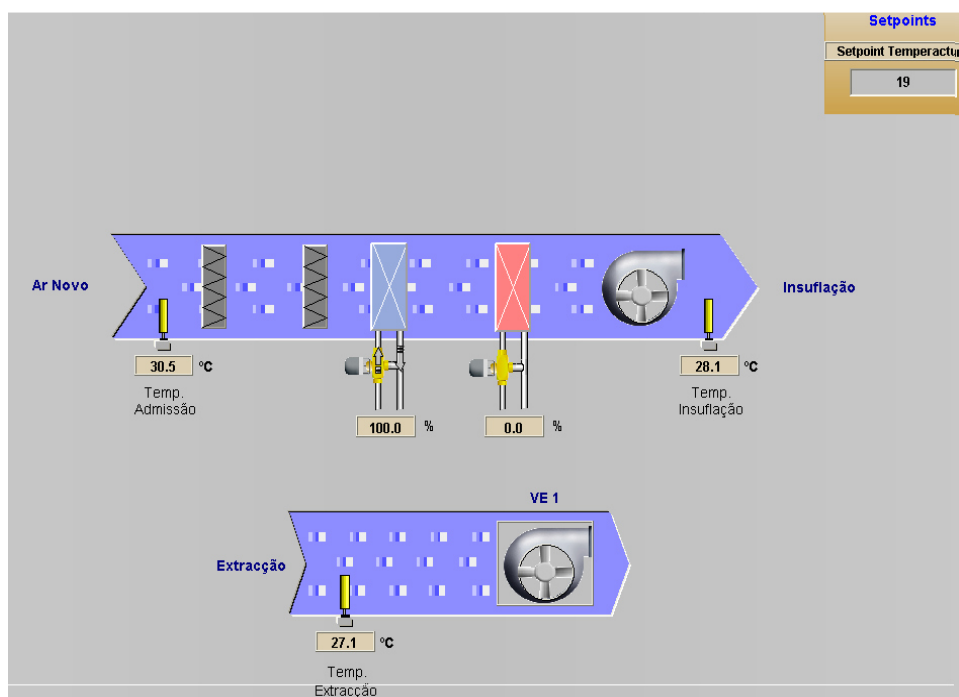


Figura 59 – UTV 1

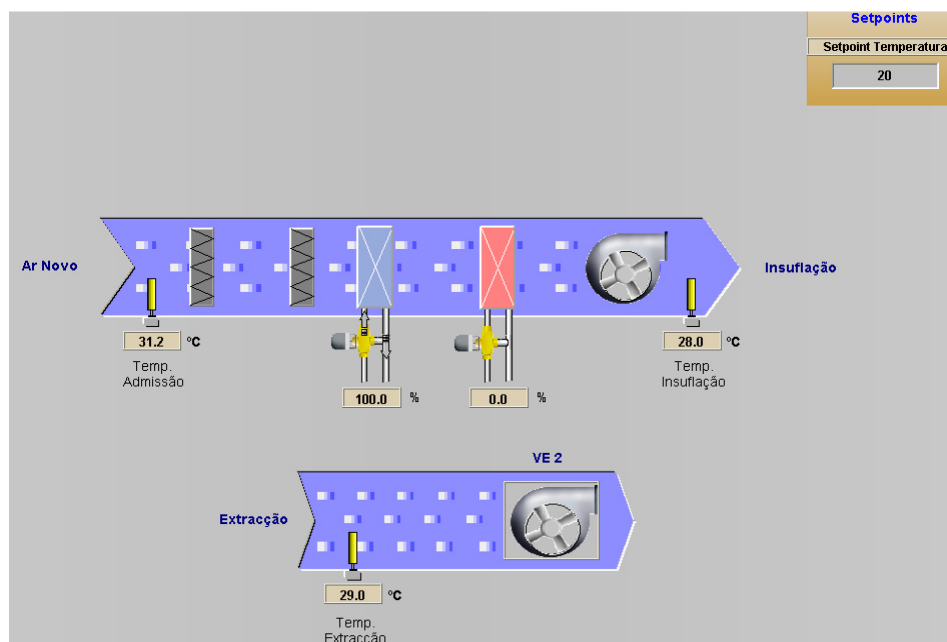


Figura 60 – UTU 2

Tabela 26 - Dados técnicos das unidades de tratamento de ar

Unidades Tratamento de Ar – Dados Técnicos	UTAN	UTV1	UTV2
Marca	GEA	GEA	GEA
Modelo	CAIRplus	CAIRplus	CAIRplus
Ano	2008	2008	2008
Fluxo nominal de ar (m ³ /h)	8400	2950	3150
Capacidade aquecimento (kW)	57,2	20,0	22
Capacidade arrefecimento (kW)	21,6	7,3	9,0

Tabela 27 - Medição instantânea dos consumos instantâneos das UTAS

	UTAN	UTV 1	UTV 2
T (V)	400	400	400
L1 (A)	5,6	2,4	2,3
L2 (A)	5,7	2,5	2,3
L3 (A)	5,6	2,3	2,4

Na tabela que se segue, constam as características das unidades de ventilação e ventiladores de extracção.

Tabela 28 - Medição de consumos instantâneos

	VE1	VE2	VE3	VE4	VE5
T (V)	400	400	400	400	230
L1 (A)	2,0	1,9	3,6	2,9	0,5
L2 (A)	2,2	1,8	3,5	3,0	0,5
L3 (A)	2,0	2,0	3,6	2,9	0,6

6.3.3.2 Ventilo Conectores

Para além das unidades de tratamento de ar existem ainda 39 ventilo conectores com instalação tipo de quatro tubos, água fria, água quente e respectivos retornos. Abaixo segue uma foto ilustrativa do equipamento.



Figura 61 - Ventilo convector - Elvira Deco - *France Air*

Apresenta-se tabela com as características dos Ventilo Conectores instalados no edifício EAGM.

Tabela 29 - Dados técnicos dos ventilo conectores

Ventilo Conectores	
Marca	France Air
Modelo	Elvira Deco 34
Caudal de Ar (m ³ /h)	880
Potência Arr. Total	3,81
Potência Arr. Sensível	2,97
Aquecimento (kW)	4,95
Caudal de água (l/h)	426
Pot. Motor (W)	90
Consumo (A)	0,45
Tensão (V)	230
Pressão máx (bar)	8

A mediação do consumo do conjunto dos equipamentos não foi realizada devido a grande quantidade de circuitos em quadros eléctricos de alimentação parcial, são no entanto apresentadas as características do equipamento no quadro anterior.

6.3.3.3 Unidades de *Close Control*

Existem também sete unidades de *close control*, das quais três estão afectas à climatização da sala de quadros eléctricos e as restantes quatro climatizam os *datacenters* dos piso 1 e 2.

Nas imagens abaixo podemos visualizar as máquinas de climatização referidas.



Figura 62 - Esquerda unidades *Close Control*, unidades exteriores

Abaixo menciona-se as características dos equipamentos descritos.

Tabela 30 - Dados técnicos de Unidades de *close control*

Equipamento	UE 0.1	UE 0.2	UE 0.3	UE 1.1	UE 1.2	UE 1.3	UE 1.4
Marca	Liebert	Liebert	Liebert	Liebert	Liebert	Liebert	Liebert
Modelo	HPSC14 L000	HPSC14 L000	HPSC14 L000	HPSC10 L000	HPSC10 L000	HPSC10 L000	HPSC10 L000
Tensão (V)	400	400	400	400	400	400	400
Corrente (A)	5,3	2,4	2,62	2,08	2,10	0,45	3,03
Potência (kW)	2,25	1,05	1,29	0,73	0,38	0,68	0,11

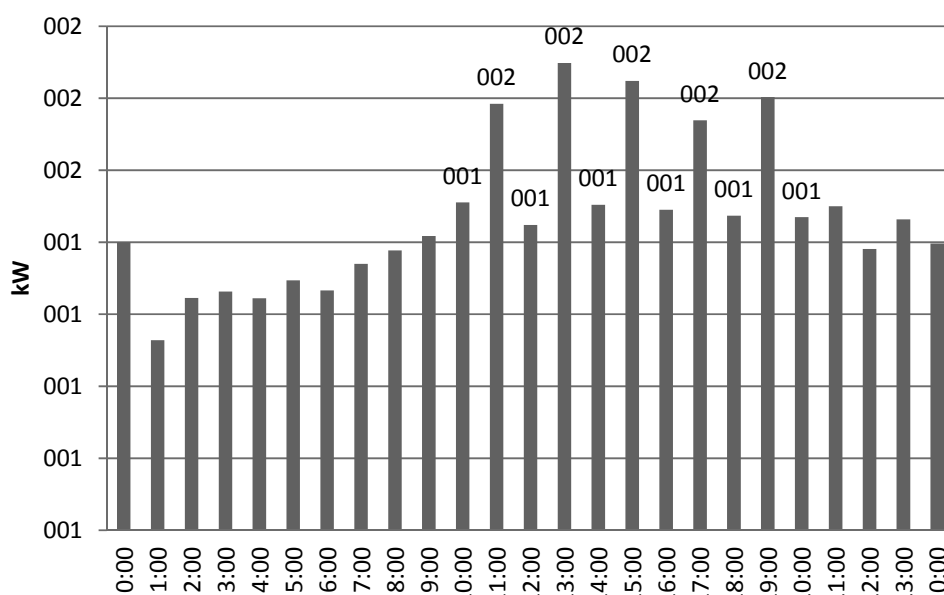


Figura 63 - Diagrama de carga unidades *Close Control*, Piso 1

Na figura anterior está apresentado o diagrama de carga das duas unidades de *close control* que fazem a climatização a 20 °C da sala de servidor do respectivo piso, estando aí instaladas duas máquinas do modelo HPSC10L000.

6.4. Painéis Solares



Figura 64 - Painéis Solares AQS

Os painéis solares estão instalados na cobertura, com oito painéis de 2,52 m² destinam-se a suprir parte significativa das necessidades de águas quentes sanitárias, consumidas no balneário em águas para banhos que em dias de actividade de laboração normal superam os 200 banhos.

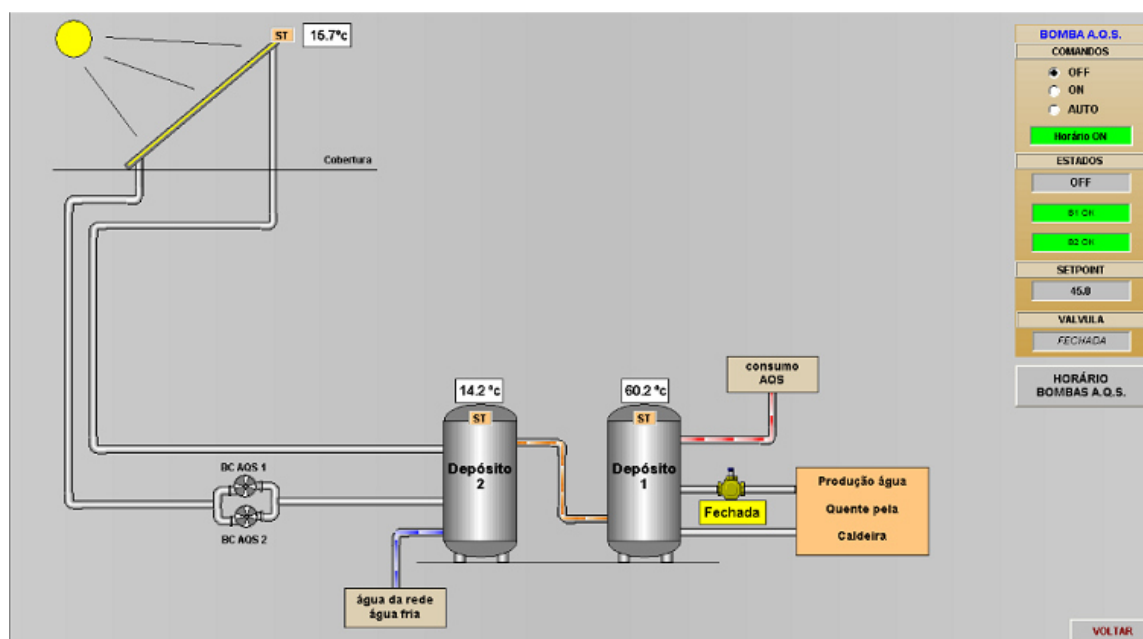


Figura 65 - Equipamentos afectos a produção de Água Quente Solar

Tal como já referido em secção anterior, o sistema de AQS consegue fornecer aproximadamente 25% das necessidades e em relação ao consumo de águas quentes solares.

Tabela 31 - Características técnicas dos Painéis Solares.

Paineis Solares – Dados Técnicos	
Marca	Viessmann
Modelo	Vitosol 200F SV2
Ano	2008
Área Bruta (m ²)	2,51
Capacidade Térmica KJ (m ² .K)	6,4

6.5. Iluminação

Efectuaram-se algumas medições instantâneas com recurso a pinça amperimétrica durante o horário de maior consumo. Para além destas e que serviram de base para uma diferenciação de consumos mais precisa foram realizadas medições durante um dia completo recorrendo a medidor de consumos *efergy*, por cada quadro parcial de piso e por circuito.

Os resultados por piso estão presentes nas figuras que se seguem:

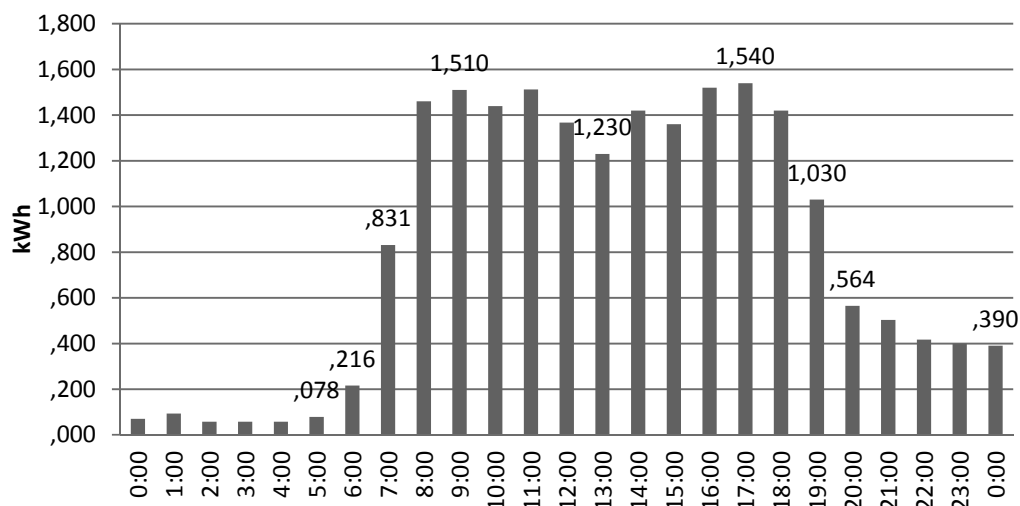


Figura 66 - Diagrama de carga iluminação Piso 0 (14/06)

O piso térreo é composto por balneários, cantina, recepção, casas de banho salas de reuniões e também salas técnicas, em que o horário de funcionamento de funcionamento se situa entre as 7:00h e as 24h, e consumo contabilizando de 20,47kW.

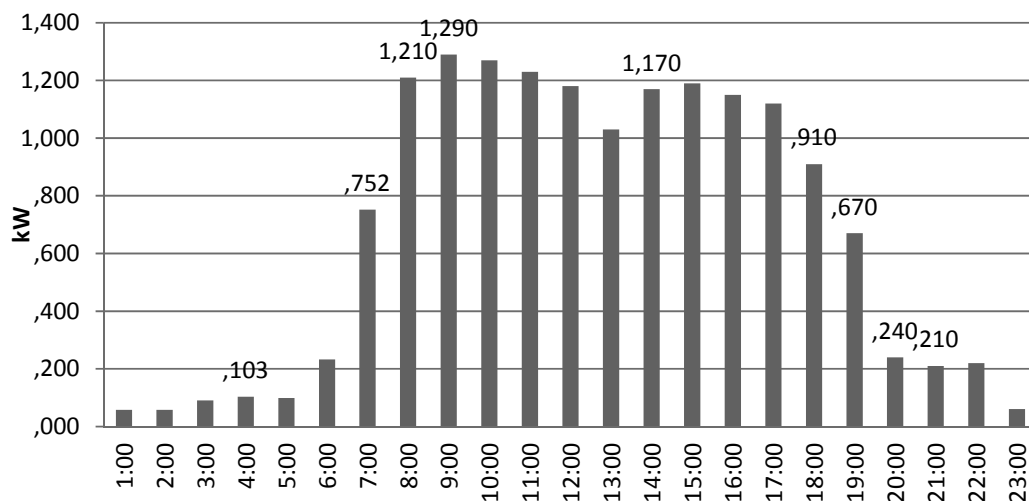


Figura 67 - Diagrama de carga iluminação Piso 1 (14/06)

O piso respetivo é constituído principalmente por salas de reunião e gabinetes. Uma característica importante tem a ver com a menor dimensão dos envidraçados orientados a nascente. Neste piso o consumo contabilizado foi de 15,93kW.

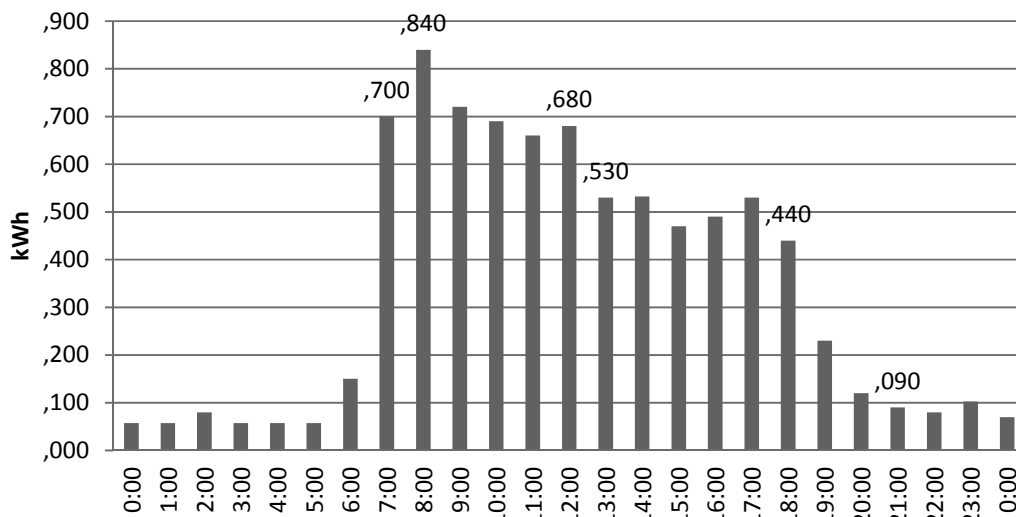


Figura 68 - Diagrama de carga iluminação Piso 2 (14/06)

O piso dois é constituído por salas de reunião e gabinetes, com consumo contabilizado foi de 8,49kW.

Em termos de diferenciação de consumo respeitante à alimentação proveniente de QGA (N), que fornece essencialmente iluminação e tomadas, a percentagem é a seguinte:

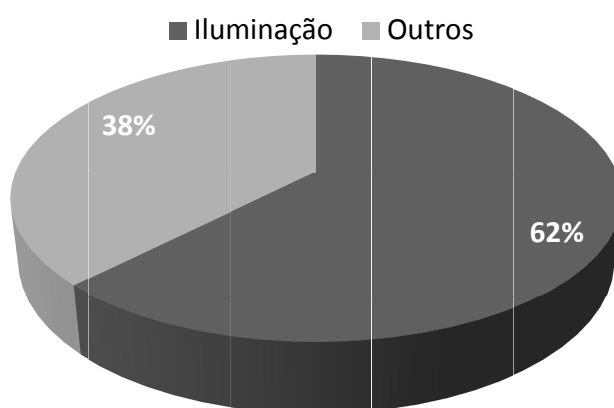


Figura 69 – Caracterização do consumo de iluminação na alimentação QGA (N)

Tabela 32 - Dados características lâmpadas e luminárias

Descrição da Lâmpada	Potência (W/unid)
Luminárias com lâmpadas TL-D 58W e Balastro Electrónico	58
Luminárias com lâmpadas TL-5 24W e Balastro Electrónico	24
Luminárias, com lâmpadas fluorescentes compacta não integradas de 26W	26



Figura 70 - Tipo de lâmpadas instaladas no edifício de escritórios

Em relação ao tipo de luminárias existentes varia consoante o local. As de tipo encastrado são utilizadas no refeitório e gabinetes (foto superior esquerda), as de tipo saliente (foto superior direita), são utilizadas nas casas de banho junto aos lavatórios e as lâmpadas do tipo fluorescentes compacta não integradas são utilizadas em todas as zonas sanitárias comuns.

7. Conclusão e Trabalhos Futuros

7.1 Conclusões.

Relativamente ao caso de estudo, edifício de escritórios EAGM, que apesar de integrado numa unidade industrial consumidora intensiva de energia, pelo tipo de actividade que nele se desenvolve e divisão dos espaços por várias empresas, em tudo se assemelha a um grande edifício de serviços, RECS.

A temática relacionada com a dissertação visou abordar os “*targets*” em termos de eficiência para os edifícios no âmbito europeu e também nacional, tendo em conta a percentagem de consumo do setor dos edifícios e do seu potencial de redução.

Portugal, e a união Europeia na sua generalidade, são dependentes energeticamente de terceiros e não possuem fontes de energia endógenas suficientes para suprir as necessidades, nesse sentido é notório a preocupação em publicar regulamentação em termos de eficiência energética sobre os vários setores de actividade, com especial incidência nos edifícios, com níveis de eficiência e objetivos cada vez mais exigentes.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação foi direccionado para os edifícios, tal como referido concretamente os de serviços, são os maiores consumidores de energia, o que permitiu caracterizar o seu consumo e aprofundar os conhecimentos relativos ao RSECE, auditoria energética de acordo com diploma 71/2008 e a nova legislação resultante da transposição da directiva 2010/31/EU.

No seguimento desta temática e das novas diretivas para o setor dos edifícios no intuito de implementar o conceito edifícios *NZEB*, realizou-se uma pesquisa sobre este conceito e que em resultado disso se verificou que em países Europeus do Norte da Europa e EUA existe desde à décadas uma investigação e testes nesta área. Em países como a Alemanha existe já metodologias consolidadas e vários exemplos de edifícios *NZEB* que na sua grande maioria se aplicam a edifícios residenciais e menor dimensão, sendo estes também aonde mais facilmente se consegue implementar o conceito.

Os dados de consumo recolhidos permitem retirar conclusões satisfatórias do ponto de vista prático, levando em linha de conta a limitação em termos de equipamentos, nomeadamente dados relativos as emissões gasosas resultantes de processos de combustão, de forma a careciam de uma análise com mais detalhe, de forma a estabelecer um comportamento típico em função de determinado consumo para alguns equipamentos.

Em termos de resultados foi possível concluir que a maior percentagem de consumo é gasta com climatização, 53%, seguindo-se 39% com equipamentos e rede informática e

com bastante menos significado 5% com iluminações e restantes 3% outros equipamentos como pequenos eletrodomésticos. Em face do peso no consumo com os equipamentos com AVAC, o estudo recaiu mais sobre esta parcela. Analisou-se o consumo no final de semana e também num período normal semanal, em que este apresenta actividade ao nível normal e o consumo com AVAC, e conclui-se ser praticamente igual. Cruzando esta diferenciação com os diagramas de carga diários em ambos os casos permite referir que existe um potencial de redução de consumo sem investimento de cerca de 20%, alterando apenas os regimes horários do funcionamento dos equipamentos AVAC, mas com a condicionante de o sistema de gestão ser centralizado, o que por um lado é uma vantagem mas por outro em regimes de baixo consumo não permite seccionar áreas em função da ocupação do espaço para reduzir consumos, e desta forma este potencial está indexado ao funcionamento e utilização do edifício mesmo que em níveis baixos.

A produção de água fria é consumida em cerca de 77%, nos ventilo convectores para climatização os vários espaços e unidades de tratamento de ar de sanitários e refeitório, sendo o restante gasto na climatização da unidade de tratamento de ar novo (UTAN). No que refere a produção de água quente, o equipamento de maior produção são as caldeiras mas o sistema de água quente solar atinge consegue suprimir cerca de 25%, em termos de valor médio, deixando portanto margem de potencial para progressão.

Os 39% dos equipamentos e rede informática variam significativamente de um dia de semana para o fim-de-semana e estão directamente relacionados com a sua utilização, reduzir o seu consumo não se afigura fácil nem óbvio.

A iluminação apresenta um potencial de redução mínimo comparativamente com o consumo global, por um lado o restante consumo é elevado e por outro lado, grande parte do sistema de iluminação já contempla balastros e lâmpadas de baixo consumo, ainda assim com implementação de sensores de movimento nas áreas comuns como corredores, refeitório, áreas técnicas e WC's é possível ser mais eficiente, mas com potencial de redução residual.

Globalmente determinou-se o consumo por área valor que corresponde a $0,5 \text{ GJ/m}^2 \cdot \text{ano}$, que comparativamente com um edifício NZEB, utilizado como referência com eficiência A^+ , o Edifício Solar XXI, apresenta um valor de $0,08 \text{ GJ/m}^2 \cdot \text{ano}$. O rácio é claramente desfavorável ao edifício alvo de estudo com um percentagem acima cerca de 84% em relação ao edifício solar XXI, o que reflecte também a diferença de se construir um edifício novo com soluções de projecto que permitam atingir baixos consumos por via de técnicas passivas de climatização, iluminação natural e outras, ou o de “pegar” em edifícios existentes e torna-los eficientes energeticamente, a níveis de acordo com legislação EPBD.

Resumidamente, em resultado de toda a análise e estudo realizado, é possível referir que os edifícios de serviços têm uma tipicidade de consumo própria, que não se assemelha de todo a um edifício residencial em que para além de todos os aspectos construtivos e melhoramentos na sua fase de concepção que se possam introduzir para se atingir o objetivo dos edifícios NZEB, não são suficientes é sempre necessário recorrer a

implementação de produção de energias renováveis que possam compensar o consumo necessário. Nos edifícios de serviços existentes essa diferença é ainda mais acentuada, são grandes consumidores de energia, em que esse consumo só pode ser compensado com grandes investimentos ao nível de envolvente, produção de energias renovável e outros sistemas de maior eficiência, como a co-geração ou tri-geração. Para uma política de sucesso ao nível da eficiência dos edifícios, a mesma deverá também ser aplicada aos existentes que representam a sua grande maioria em número e consumo e certamente deverá surgir uma política de incentivos para estes casos.

7.2 Desenvolvimento de Trabalhos Futuros

Como proposta para trabalhos futuros seria útil simular o modelo dinâmico do edifício, com base em softwares de simulação aplicado ao caso de estudo prever melhorias na sua envolvente, nomeadamente, sombreamentos e ou aplicação de películas solares nos envidraçados de forma a compensar os ganhos solares.

Um outro aspecto interessante poderá ser estudando o local de implantação do edifícios em termos de recursos renováveis mais eficientes que permitam compensar o consumo energético do edifício, recorrendo sobretudo a dados climáticos e software de simulação adequado.

Por último e com um grande potencial, que carecia de uma análise mais profunda, seria o estudo de um sistema de co-geração ou tri-geração, aplicado não só ao edifício mas a todo complexo industrial de forma a obter mais eficiência e retorno do investimento.

Todas estas proposta de trabalho futuro não deverão ser dissociadas e deverão contemplar uma análise tecno económica.

8. Bibliografia e Referências

1. Directiva 92/42/CEE do Conselho, de 21 de Maio de 1992, . *Jornal Oficial nº L 167, 22/06/1992*. 1992, Relativa às exigências de rendimento para novas caldeiras de água quente alimentadas com combustíveis líquidos ou gasosos.
2. Directiva 91/565/CEE: Decisão do Conselho, de 29 de Outubro de 1991. 1991, Promoção do rendimento energético na Comunidade (programa Save).
3. Directiva 92/42/CEE do Conselho, de 22 de Setembro de 1992. *Jornal Oficial nº L 167 de 22.6.1992*. 1992, relativa às exigências de rendimento para novas caldeiras de água quente alimentadas com combustíveis líquidos ou gasosos.
4. Directiva n.º 2002/91/CE,. *Jornal Oficial da União Europeia*. 16 de 12 de 2002, Relativa ao desempenho energético dos edifícios.
5. **Commission, European**. *EU Energy in figures*. 2012.
6. Directiva 2010/31/EU . 2012, EPBD .
7. PNAEE. 2013. Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (RCM 20/2013).
8. **APISOLAR**. /www.apisolar.pt/pt/politica-energetica/nacional/. *www.apisolar.pt*. [Online] [Citação: 30 de 04 de 2013.]
9. DIRECTIVA 2006/32/CE,. *Jornal Oficial da união Europeia*. 2006, Relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos.
10. **DGEG**. Linhas de orientação para consulta pública PNAEE e PNAER. 2013.
11. PNAEE . 2008. Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (RCM 80/2008).
12. *Decreto-Lei 118/1998*.
13. Decreto-Lei n.º 152/2005. *regulamentar as operações de recuperação para reciclagem, valorização e destruição de substâncias que empobrecem a camada de ozono*. 2005.
14. Decreto-Lei nº 80/2006. 2006, Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).
15. Decreto-Lei n.º 79/2006. 2006, Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.
16. Decreto Lei nº 78/2006. 2006, Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios e transpõe parcialmente para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2002/91/CE.

17. **Energia, Edifícios.** "Novas Regras para os Edifícios". Edição 91, 2013, Vol. pág 22, Novas Regras para os Edifícios.
18. Portaria 349-A/2013. 2013, Certificação Energetica em Edifícios.
19. Portaria 349-B/2013. 2013, Certificação Energetica em Edifícios.
20. Portaria 349-C/2013. 2013, Certificação Energetica em Edifícios.
21. Portaria 349-D/2013. 2013, Certificação Energetica em Edifícios.
22. Decreto Lei 118/2013. 2013, Certificação Energetica em Edifícios.
23. **Energia, Edifícios e.** "Temos de começar a reduzir as necessidades energeticas dos edificios". Edição 83, 2013, Vol. Pág 28.
24. **Energia, Edifícios.** "Nova Regulamentação Térmica". *Edifícios e Energia*. Edição 88, 2013, Vol. pág 8.
25. —. "O que vai mudar com os NZEB". Edição 83, 2013, Vol. pag. 7.
26. **Schnieders, Passivhaus Institut.** Passive House in South West Europe. 2009.
27. **Energia, Edifícios e.** "Algumas Soluções para os NZEB". 83, 2013, Vol. pag 14.
28. www.passpedia.de. *passpedia*. [Online] [Citação: 09 de 10 de 2013.] www.passpedia.de.
29. **Homegrid.** www.homegrid.pt. *Homegrid*. [Online] [Citação: 04 de 11 de 2013.]
30. **INETI.** *Edificio Solar XXI*.
31. **ADENE.**
<http://www2.adene.pt/ptpt/SubPortais/SCE/Apresentacao/SCERCCTEeRSECE/Paginas/Ambitodeaplicacao.aspx>. *www2.adene.pt*. [Online]
32. **RSECE - Decreto-Lei n.º 79.** "Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios", 4 de Abril de 2006.
33. **ADENE (2008).** "Perguntas & Respostas Sobre o RSECE – Energia", Versão 1.2. [Online] 2008. www.adene.pt.
34.
<http://www.edp.pt/pt/empresas/servicosenergia/eficienciaenergetica/Pages/AuditoriaEnerg%C3%A9tica.aspx>. *www.edp.pt*. [Online]
35. <http://www.energy4all.pt/CE.html>. *www.energy4all.pt*. [Online]
36. **ADENE.** Adene, Perguntas & Respostas sobre RSECE.
37. Auditorias energéticas, Paulo Santos ContaWatt.
38. **Lima, Manuel.** *Certificação Energética e Auditorias*.

39. *RGCE - Decreto-Lei n.º 71*. Regulamento de Gestão do Consumo de Energia, 15 de Abril de 2008.
40. **Streammaster**. Eficiência de uma caldeira fogotubular.
41. **2006/32/CE, DIRECTIVA DO CONCELHO EUROPEU**. *Relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos*. 2006.
42. **Duarte, Rogerio**. *"Fundamentos de Térmica de Edifícios"*; Lisboa : Universidade Lusíada, 2005.
43. *RCCTE - Decreto-Lei n.º 80*. "Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios", 4 de Abril de 2006.
44. **Águas, Prof. Manuel**. "Gestão de Energia"; s.l., Portugal : IST / MIT, 2008/2009.
45. **Santos, Paulo**. "Curso de Gestão de Energia para Edifícios de Serviços"; *Auditorias Energeticas*. s.l. : ADENE, Outubro de 2011.
46. **Energia, Galp**. Factura de gás natural. [Online] www.galpenergia.com.
47. <http://www.swegonairacademy.com/2011/12/15/the-finns-what-are-their-views-on-passive-houses-and-nzeb/>). [Online]
48. [Http://theuncarvedblog.com/2012/07/04/breaking-down-net-zero-building-reality-or-wishful-thinking-by-ashley-halligan/](http://theuncarvedblog.com/2012/07/04/breaking-down-net-zero-building-reality-or-wishful-thinking-by-ashley-halligan/)). www.theuncarvedblog.com. [Online]
49. Novas Regras para os Edifícios. *Revista Edifícios e Energia*. 91, 2013, Novas Regras para os Edifícios.
50. *Portaria 349-B/2013*. 2013.
51. **Schreck, Henrique**. www.arquiteturadaterra.com. *Arquitectura da Terra*. [Online]
52. Decreto Lei 71/2008.